

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Bakalářský studijní program: strojírenská technologie

Zaměření: obrábění a montáž

Analýza vlivu procesních kapalin na trvanlivost nástroje a kvalitu povrchu při nesousledném frézování nerezové oceli pro firmu PARAMO, a. s.

Analysis of the influence of process fluids on tool life and surface quality during conventional milling stainless steel for the company PARAMO, a. s.

KOM - 1186

Jan Paldus

Vedoucí práce: prof. Ing. Alexey Popov, Dr.Cc.

Konzultant: Ing. Pavel Venzara

Počet stran: 46

Počet příloh: 1

Počet obrázků: 16

Počet tabulek: 9

Počet grafů: 11

22.5.2012

Analýza vlivu procesních kapalin na trvanlivost nástroje a kvalitu povrchu při nesousledném frézování nerezové oceli pro firmu PARAMO, a. s.

ANOTACE:

Práce obsahuje informace o materiálu nerezové oceli, technologii frézování, procesních kapalinách, trvanlivosti a opotřebení nástroje, drsnosti povrchu.

Práce se zabývá trvanlivostí nástroje a drsnosti povrchu při použití jednotlivých procesních kapalin.

Analysis of the influence of process fluids on tool life and surface quality during conventional milling stainless steel for the company PARAMO, a. s.

ANNOTATION:

The work includes information on the material stainless steel milling technology, process liquids, durability and tool and wear surface roughness.

The work deals with the tool life and surface roughness using various process fluids

Klíčová slova: nerezová ocel, frézování, procesní kapaliny, trvanlivost nástroje, drsnost povrchu

Zpracovatel: TU, FS v Liberci, KOM

Dokončeno: 2012

Archivní označ. zprávy:

Počet stran: 46

Počet příloh: 1

Počet obrázků: 16

Počet tabulek: 9

Počet grafů: 11

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum: 22.5.2012

Podpis:

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád vyjádřil poděkování vedoucímu práce prof. Ing. Alexey Popov, DrSc., za cenné rady a připomínky při vypracování bakalářské práce a panu Ing. Venzarovi za užitečné a věcné konzultace.

Dále bych poděkoval pracovníkům Katedry obrábění a montáže, kteří mi pomohli vyřešit vyskytlé problémy, zejména panu Ing. Karáskovi a panu Ing. Ledvinovi.

Dále bych chtěl poděkovat mým rodičům, příbuzným, přátelům a všem, kteří mě jakkoliv podpořili při mém studiu na Technické univerzitě v Liberci a tak se významně podíleli na vzniku této práce.

OBSAH:

Obsah:	5
Seznam použitých zkratk a symbolů	7
1. 1. Úvod - Historie korozivzdorné oceli:	8
1.1 Rozdělení korozivzdorných ocelí	9
1.1.1 Martenzitické oceli	9
1.1.2 Feritické oceli	9
1.1.3 Austenitické oceli	10
1.1.4 Austeniticko-feritické oceli	10
1.2 Obrábění korozivzdorných ocelí	10
1.3 Označení korozivzdorných ocelí	11
2. Technologie frézování	12
2.1 Definice frézování	12
2.2 Podstata frézování	12
2.3 Pravidla správného frézování	12
2.4 Nesousledné frézování	13
2.5 Sousledné frézování	13
3 Shrnutí poznatků o klasifikaci procesních kapalin pro obrábění, vlastnosti a charakteristiky procesních kapalin	14
3.1 Řezné prostředí	
3.2 Technologické požadavky na řezné prostředí	14
3.2.1 Chladicí účinek	14
3.2.2 Mazací účinek	14
3.2.3 Čisticí účinek	15
3.2.4 Provozní stálost	15
3.2.5 Ochranný účinek	15
3.2.6 Zdravotní nezávadnost	15
3.2.7 Přiměřené náklady	16
3.3 Druhy řezných kapalin	16
3.3.1 Vodní roztoky	16
3.3.2 Emulzní kapaliny	16
3.3.3 Řezné oleje	16
3.3.4 Syntetické a polysyntetické kapaliny	16
3.4 Firma PARAMO a.s.	17
3.5 Jednotlivé procesní kapaliny od firmy Panamo a.s.	18
4. Definice pojmu trvanlivosti nástroje při třískovém obrábění, analýza vlivu procesních kapalin na trvanlivost nástroje při frézování	19
4.1 Trvanlivost bříty	19
4.2 Mechanismy opotřebení	21
4.2.1 Abrazivní opotřebení	21
4.2.2 Difusní opotřebení	22
4.2.3 Oxidační opotřebení	22
4.2.4 Lom	22
4.2.5 Adhezní opotřebení	23
4.3 Klasifikace opotřebení bříty nástrojů	23
4.3.1 Opotřebení hřbetu bříty	24
4.3.2 Opotřebení ve tvaru žlábků na čele bříty	24
4.3.3 Plastická deformace	24
4.4.4 Opotřebení ve tvaru žlábků na hlavním hřbetě bříty	24
4.4.5 Vznik hřbenovitých trhlin	25

4.4.6 Únavový lom.....	25
4.4.7 Vydrolování ostří.....	25
4.4.8 Lom.....	25
4.4.9 Tvorba nárustku.....	26
5. Definice pojmu drsnost povrchu, metody měření drsnosti povrchu.....	27
5.1 Definice drsnosti povrchu.....	27
5.2 Drsnost povrchu při běžném obrábění.....	28
5.3 Měření drsnosti povrchu	29
5.3.1 Kvalitativní hodnocení drsnosti povrchu.....	29
5.2.2 Profilové a plošné metody kvantitativního měření drsnosti povrchu.....	29
6. Navržení metodiky zkoumání trvanlivosti nástroje a drsnosti povrchu při nesousledném frézování nerezové oceli.....	30
6.1 Popis měření trvanlivosti.....	31
6.1.1 Příprava kapaliny.....	34
6.2 Měření drsnosti povrchu obrobku.....	35
7. Výsledky měření trvanlivosti nástroje při použití jednotlivých procesních kapalin..	37
7.1 Vzájemná porovnání.....	41
8. Výsledky měření drsnosti povrchu při použití jednotlivých procesních kapalin.....	42
9. Analýza laboratorních výsledků , vyvození závěrů.....	44
Použitá literatura.....	45
Příloha.....	46

Seznam použitých zkratek a symbolů

Zkratka/ Symbol	Jednotka	Popis
a_p	[mm]	Hloubka záběru
C	[-]	Taylorova konstanta
C_{tp50}	[μm]	Nosný podíl profilu obrobku
D	[mm]	Průměr frézy
f_{min}	[mm/min]	Posuv za minutu
f_{ot}	[mm/ot]	Posuv za otáčku nástroje
HRC	[]	Tvrdost podle Rockwella
m	[-]	Konstanta Taylorova vztahu
n	[ot/min]	Počet otáček nástroje za minutu
Ra	[μm]	Střední arit. hodnota drsnosti povrchu
t	[min]	čas práce nástroje
T	[min]	Trvanlivost nástroje
VB	[mm]	Velikost opotřebení hřbetu nástroje
v_c	[m/min]	Řezná rychlost
ČSN		Česká státní norma
EN		Evropská norma
a.s.		akciová společnost

1. Úvod - Historie korozivzdorné oceli

V dnešní době vlastně nevíme, kdy bylo poprvé pozorováno korozní napadení kovů, ale můžeme říct, že již staří Egypťané dobývali měď, cín, železo, antimon, olovo a pravděpodobně znali i jejich citlivost napadení v některých prostředích. Řecký filozof Platon (427 – 347 př.n.l.) popsal rez jako sloučeninu železa. Plinius a Vitruvius připomínají, že Římané již znali rez a korozi mědi a olova.

Až vlastně kolem roku 1412 se s rozvojem vodních staveb vynořují nové zprávy o rozrušení kovů. Až asi o 200 let později byly z litiny stavěny velké vodovody, které byly silně ničeny korozi. To vedlo k uplatnění ochrany proto korozi cínováním. Cínování železa začalo v Čechách po roce 1000. V Anglii vévoda královského dvora Ruprecht. (1619 – 1692) udělal první krok k ochraně Fe proto korozi povlakem mědi a jeho jméno je též spojováno s olejem kujné litiny neboť se mu změkčit litinu tak, že mohla být kována jako kujné železo.

Roku 1700 popisuje Stahl rezavění jako pozvolné spalování, při kterém, je uvolňována látka kterou nazýváme Phlogiston. Boyle a Hoffmann poukazovali na to že rez je těžší než kov, ze kterého vzniká, a proto nemůže mizet hmota. Toto tvrzení potvrdil svými pokusy o půl století Lavoisier (1743 – 1794) a vysloužil tzv. kyslíkovou teorii, podle které je kyslík podstatou tvorby rzi. Na přelomu 18 a 19 století poukázali Priestley, Keir, a Trommsdorff na vývoj vodíku při rozpouštění kovů v kyselinách a na rozdíly v působení neutrální vody. Hall v roce řekl, že po oxidaci železa jsou žádoucí společné síly kyslíku a vody, voda však působí pouze jako prostředí, kterým může kyslík rozrušovat železo. Až roku 1830 byla popsána koroze jako elektrochemický děj De la Rivem. Faraday pak v letech 1834 až 1840 překládá vztahy Voltovým proudovým a chemickými reakcemi. Výraz koroze byl ustálen roku 1845 a pochází z latinského *corrodere* (rozhryzat, rozežít). Potom přicházelo tvrzení o ochraně železa spojením s neušlechtilými kovy např. zinkem. Ackermann roku 1882 svými pokusy ukázal, že elektrochemicky pozitivní složky ve slitině ke korozi podporují, kdežto elektricky negativní zmírňují. Od tohoto je již blízko ke korozivzdorným ocelím a slitinám. První poukázal v roce 1821 na odolnost slitin chrómu a železa Berthier. Na odolnost slitin Fe – Cr proti rezivění poukazují Mallet (1838) a Frémy (1857) v prostředí koncentrovaných kyselin, přičemž oba říkají, že vysoký obsah uhlíku má v těchto prostředí opačný vliv. V roce 1923 Tamann uvedl první údaje o spodní hranici obsahu chrómu způsobující pasivitu železe.

Východiskem z této situace, sto let od objevení chrómu Klaprothem a Vauquelinem (1797) na Uralu v minerálu crocoitu a pak Lowitzem (1798) tamtéž v chromitu (FeCr_2O_4), který je dnes jako ruda hlavním zdrojem chrómu, bylo nalezení cesty snížení obsahu uhlíku redukcí oxidu hliníkovým prachem, jež učinil Goldschmidt. To dalo podnět k rozsáhlému

metalurgickému výzkumu slitin železa s chromem, který je spjat se jmény Strauss, Maurer (1909), Guillet (1904 -1906), Hadfield (1892), Dantsizen (1911).

K širokému rozmachu vedle korozivzdorných ocelí s 12% chromu přispěl i vývoj ocelí s vyhovující odolností v aktivním stavu, které byly předchůdci dnešních chromniklových ocelí. Hummelberger (1912) zlepšil chemickou odolnost ocelí s přísadou chromu (14%). Strauss a Maurer pak v roce 1914 vyrobili ocel s 20% chromu, 7% niklu a 0,25% uhlíku. Plusem pro další vývoj korozivzdorných ocelí byla Monnartzova práce (1911), která popisuje vlastnosti a uplatnění slitin železa s chromem. Na tuto práci potom probíhal rozmach až do současnosti a jejich uplatnění v různých průmyslových odvětvích.

1.1 Rozdělení korozivzdorných ocelí

Korozi vzdorné oceli a slitiny rozdělujeme podle jejich chemického složení a struktury na martenzitickou (kalitelné), feritické a austenitické s některými přechodnými skupinami. Podle chemického složení jsou oceli chromové, chromniklové, chrommanganové, které mohou obsahovat ještě další slitinové prvky jako molybden, křemík, měď, titan, niob, dusík a při vysokém obsahu niklu slitiny s chromem, molybdenem, křemíkem a mědi.

1.1.1 Martenzitické oceli

Jsou to oceli s obsahem chromu až 1,5% a po zakalení z teplot zasahujících do oblasti austenitu vykazují martenzitickou strukturu. Obsah chromu zhruba na 10,5% dovolující tvorbu pasivní vrstvy a zvyšující odolnost proti rezivění, zmenšuje také kritickou rychlost ochlazování austenitu natolik, že na rozdíl od uhlíkové oceli vzniká martenzit i tehdy, chladne-li ocel z teploty nad A_{c3} volně na vzduchu. Pro sníženou kritickou rychlost ochlazování austenitu se chromové kalitelné korozivzdorné oceli prokávají ve značných průřezích. Mimo to chrom stejně jako uhlík, mangan snižuje teplotu M_s , při níž se začíná tvořit martenzit. Při vysokém obsahu uhlíku a zvýšené austenizační teplotě může teplota M_s klesnout až pod bod mrazu.

1.1.2 Feritické oceli

Tuhý roztok alfa neboli ferit je slitinách železa s více než 13% chromu podle rovnovážného diagramu po ztuhnutí dalším chladnutím již nemění, pokud obsah chromu nepřekročí asi 26%. Uhlík ve slitinách železa s chromem rozšiřuje oblast austenitu k vyššímu obsahu chromu a zároveň rozšiřuje i původně úzkou dvoufázovou oblast, která ji lemuje. Při vyšších obsazích uhlíku se objeví i ledeburitické karbidy. Proto struktura mnohých

chromovaných oceli nazývaných feritickými je feritická až do teplot odpovídajících teplotám běžného tepelného zpracování – žíhání při 750 – 900°C s rychlým ochlazením. Jsou-li tyto oceli zahřáté na vyšší teplotu, doznávají částečnou austenitickou přeměnu a po ochlazení vykazují smíšenou strukturu – poloferitické oceli.

1.1.3 Austenitické oceli

V uvedených ocelích byl chrom jediným slitinovým prvkem ve větším množství. Přísada niklu, manganu, dusíku vytváří základ nového typu ocelí zvaných austenitické, protože si podržují austenitickou strukturu za normální teploty i za velmi nízkých minusových teplot. Zhrubnutí zrna nevede u austenizačních ocelí ke zkřehnutí. Tažnost a houževnatost austenitických korozi vzdorných ocelí je jejich velmi významnou vlastností. Základní člen řady těchto ocelí dnes obsahuje 18% chrómu a 9%niklu při obsahu uhlíku 0,08%, mangan v rozmezí 9 až 19 % v kombinaci s přísadou uhlíku až 0,5% .

1.1.4 Austeniticko – feritické oceli

Podíl feritu ve struktuře oceli se pohybuje podle typu oceli zhruba mezi 30 až 50% . Skupina těchto dvoufázových (duplexních) ocelí má výhody oproti ocelím austenitickým. Podíl feritu ve struktuře oceli závisí nejen na chemickém složení, ale i na tepelném zpracování .Tyto oceli musí být zpracovány při teplotách 1000°C , přičemž zvyšování teploty vede ke zvýšení obsahu feritu.

1.2 Obrábění korozivzdorných ocelí

Obrobitelnost korozivzdorných ocelí závisí na chemickém složení a tepelném zpracování. Martenzitické oceli obráběné ve vyžíhaném stavu se chovají podle obsahu uhlíku. Do obsahu uhlíku 0,15 až 20% stačí nepatrně zmenšit řezné rychlosti v porovnání s nízkolegovaných ocelí. Jestliže obsah uhlíku je vyšší, tak pevnostní charakteristiky vzrostou, ocel odírá nástroj a rychlosti musí být sníženy. Otěr je způsoben přítomností karbidů chrómu a projevuje se zvláště u ocelí s obsahem uhlíku vyšším než 0,5%.

Feritické oceli se obrábějí snadno, nepřesahuje-li v nich obsah chrómu 20%, ale mají sklon k lepení třísek.

Austenitické oceli vykazují špatnou obrobitelnost a vyžadují použít přizpůsobenou techniku (tuhé a výkonné stroje). Je to tím že austenizační oceli se při tvoření třísky velmi zpevňují deformací za studena.

Velký vliv při obrábění má nízká tepelná vodivost nerezových ocelí a vysoký součinitel tření mezi třískou a nerezovou ocelí. Při obrábění dochází ke značnému ohřevu v blízkosti řezu. Vznikající teplo nemůže snadno přejít do obrobku a hromadí se v blízkosti nástroje a proto je vysoká teplota hrotu nástroje, což je na újmu jeho životnosti.

Přítomnost ostrůvků nebo pásů feritu v korozivzdorných ocelí, popř. koexistence dvou fází v austeniticko – feritických ocelích, zlepšuje obrobitelnost. V případě kalitelných ocelí lze obrábění provádět se zpracovaným kovem na dosti vysoké tvrdosti, např. ocel 13% chrómu a s méně než 0,15% síry může být při tvrdosti mezi 26 a 32HRC (tj. 900 až 1050 MPa v pevnosti) pro horní mez tohoto rozmezí, rychlosti musí být sníženy o 5 až 10% a úběry o 10 až 15 % s porovnáním s žíhanou ocelí. Dosahuje-li tvrdost hodnot 32 až 38% (1050 až 1200 MPa pevnosti), musíme snížit rychlosti o 15 až 20% a úběry o 20 až 25%. [1]

1.3 Označování korozivzdorných ocelí

Korozivzdorné oceli se označují několika způsoby. Klasické označování podle původní a dosud používané ČSN normy zařazuje tvářené korozivzdorné oceli do konstrukčních ocelí třídy 17 a označení se skládá ze 6 číslic, tj. 41 7XYZ. První číslice 4 označuje hutní materiál, 1 značí tvářenou ocel, 7 korozivzdornou ocel a čtvrtá číslice (X) definuje hlavní legující prvky. Např. 0 legování Cr, 2 legování Cr a Ni a 3 legování Cr, Ni a Mo. Obvykle se však první číslice vynechává a materiál se označuje např. pouze 17 248. Dále se připouští označování kombinací tří barev, z nichž první je pro korozivzdorné oceli vždy červená (např. ocel 17 248 má kombinaci červená - hnědá - černá. V současné době se korozivzdorné oceli označují podle EN 10 027-1 a ČSN CR 10 260 (třídící znak 42 0011) kombinací písmen a číslic

X nnn aaa n-n, kde X značí, že jde o korozivzdornou ocel, nnn označuje 100x střední obsah C, aaa označuje značky legujících prvků podle sestupného obsahu, n-n střední obsah legujících prvků v pořadí podle "aaa". Například:

- X20Cr13 = 0,2 % C, 13 % Cr;
- X8CrNiMo 18-12-3 = 0,08 % C, 18% Cr, 12 % Ni, 2 % Mo;
- X1CNiMo 22-5-3 = 0,01 % C, 22 % Cr, 5 % Ni, 3 % Mo.

Podle EN 10 027-2 (třídící znak 42 0012) lze tyto oceli označovat také číselně podle schématu 1.4XXX, kde 1 označuje, že jde o ocel, a 4, že jde o ocel korozivzdornou. Další číslo upřesňuje obsah legujících prvků. Např. číslice 3 (1.43XX) značí, že se jedná o chromovou ocel s obsahem Ni nad 2,5 % bez Mo, Ti a Nb. Poslední dvě čísla blíže specifikují ocel. [2]

2. Technologie frézování

2.1 Definice frézování

Frézování je strojní třískové obrábění kovů vícebřítým nástrojem, kde hlavní pohyb (rotační) koná nástroj a vedlejší pohyb (přisuv, posuv) obrobek. Klasicky probíhá ve třech osách, ve více než třech osách pracují více-osá obráběcí centra. Frézovací stroj se nazývá frézka, frézovací nástroj je fréza. [3]

2.2 Podstata frézování

- obrobek upnut na stole - koná plynulý pohyb (posuv)
- fréza se otáčí a jednotlivými břity odebírá materiál
- jednotlivé břity nejsou v záběru (jen po určitou dobu otáčky) - ty, které nejsou v záběru se ochlazují

2.3 Pravidla správného frézování

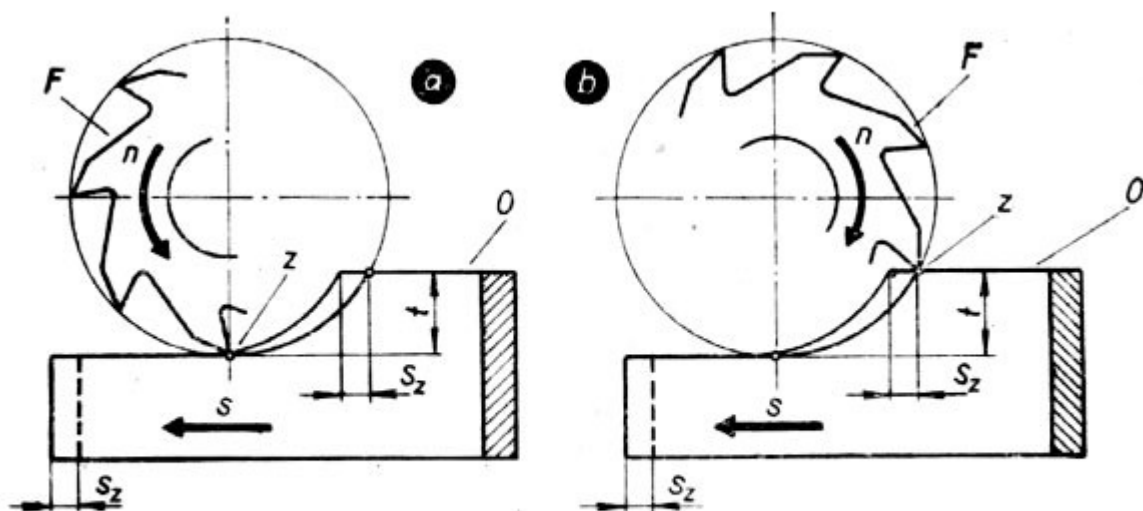
1. Použití správných fréz (druh, velikost)
2. Pro upínání nástrčných fréz správné upínací trny, pouzdra (upínat co nejbližže vřetenu, podepřeného ložiska)
3. Při upínání nástroje a obrobku – čistota, správná poloha, pevnost, bezpečnost
4. Volba vhodných řezných podmínek : řezná rychlost [m/min]
posuv [mm/min]
přisuv [mm]
5. Při hrubování volíme malou řeznou rychlost a velký posuv a přisuv, ale při obrábění na čisto je to mu naopak, tedy velkou řeznou rychlost a malý posuv a přisuv.
6. Velké přídavky na několik záběrů
7. Vhodné chlazení
8. Stroj, nástroj, měřidla + ostatní pomůcky - očistit, uklidit
9. Používání předepsaných ochranných prostředků - dodržování bezpečnostních předpisů
10. Dodržování správného technologického postupu

2.4 Nesousledné frézování (obr. 1a)

Obrobek se posouvá proti směru frézy. Průřez třísky se postupně zvětšuje od 0 do maxima (práce frézy je klidná, bez rázů). Břity se šetří a ve styku s kůrou je na začátku závěru, pak ji ze spoda odlamují (nedochází k velkému otupení ostří). Nevýhody jsou skluz řezné hrany po materiálu (vyšší teplota v místě řezu, horší jakost povrchu) a řezná síla má snahu vytrhnout obrobek z upínače. Použití je výkovky, odlitky a obrobky s tvrdou povrchovou kůrou, která vzniká údery, tlakem teplem.

2.5 Sousedné frézování (obr. 1b)

Obrobek se posouvá ve směru otáčení frézy. Odřezávání je od maxima k nule (nárazovité). Břity po materiálu nekloužou a vzniká méně tepla a tím je hladší povrch. Obrobek je přitlačován řeznou silou k upínači. Výhody jsou hladší povrch a větší výkon. Nevýhodou je silové nárazy při záběru každého zubu. Použití je tenké obrobky a velké hloubky v řezu.



a - nesousledné frézování, b - sousledné frézování, F - fréza, O - obrobek, n - otáčení frézy, s - posuv obrobku, s_z - posuv na zub frézy, t - hloubka frézování, z - začátek záběru jednotlivých zubů frézy

Obr. 1 – Nesousledné a sousledné frézování [5]

3. Shrnutí poznatků o klasifikaci procesních kapalin pro obrábění, vlastnosti a charakteristiky procesních kapalin

3.1 Řezné prostředí

Prostředí v řezné zóně má významný vliv na kvalitativní a ekonomické parametry řezného procesu. Nejčastěji používaná řezná media jsou kapaliny, plyny a mlhy.

3.2 Technologické požadavky na řezné prostředí

Z technologického a provozního hlediska se na řezné prostředí specifikují určité požadavky, k nimž patří zejména :

- chladicí účinek
- mazací účinek
- čistící účinek
- provozní stálost
- ochranný účinek
- zdravotní nezávadnost
- přiměřené náklady

3.2.1 Chladicí účinek

Chladicím účinkem se rozumí schopnost řezného prostředí odvádět teplo z místa řezu. Tuto schopnost má každé prostředí, které smáčí povrch kovů a pokud existuje tepelný spád mezi povrchem obrobku a prostředím. Odvod tepla vzniklého při řezání se uskutečňuje tím, že řezné prostředí obklopuje nástroj, třísky i obrobek a přejímá část vzniklého tepla. Chladicí účinek řezného prostředí závisí na jeho smáčecí schopnosti, na výparném teple, na rychlosti vypařování za určitých teplot, na tepelné vodivosti, na měrném teple a průtokovém množství řezného média. Čím budou tyto veličiny větší, tím bude vyšší chladicí účinek řezného prostředí.

3.2.2 Mazací účinek

Mazací účinek je vyjádřen schopností na povrchu obrobku a nástroje vrstvu, která brání přímému styku kovových povrchů a snižuje tření, ke kterému dochází mezi nástrojem a obrobkem. Mazací účinek znamená zmenšení řezných sil, zmenšení spotřeby energie a také zlepšení jakosti obrobeného povrchu. Mazací účinek řezného prostředí se uplatní zejména

u dokončovacích operací obrábění a při provádění náročných operací, jako je protahování, výroba závitů nebo výroba ozubení. Mazací schopnost řezného prostředí je závislá na její viskozitě a na pevnosti mezní vrstvy.

3.2.3 Čistící účinek

Čistící účinek řezného prostředí znamená, že jeho přívod odstraňuje třísky z místa řezání a např. vlastnosti broušícího kotouče tím, že vyplavuje zanesené póry.

Řezné prostředí má také bránit slepování částic, které vznikají při řezání a usnadňovat jejich usazování. Velký význam má čistící účinek pro broušení, při řezání závitů, nebo vrtání hlubokých děr.

3.2.4 Provozní stálost

Provozní stálost je možné hodnotit dobou výměny řezného prostředí. Stárnutí řezného prostředí olejového typu se projevuje tvořením pryskyřičnatých usazenin, které mohou způsobit i poruchu stroje. Produkty stárnutí mají vliv i na zhoršování funkčních vlastností řezného prostředí, jeho rozklad, zmenšení mazacího účinku, ztrátě ochranných schopností, korozi a hnilobný rozklad. Provozní stálost procesní kapaliny závisí na jejích fyzikálních a chemických vlastnostech a na teplotě.

3.2.5 Ochranný účinek

Ochranný účinek řezného prostředí se projevuje tím, že nenapadá kovy a nezpůsobuje korozi. Toto je důležitý požadavek proto, aby nebylo nutné výrobky mezi operacemi konzervovat, aby se také stroje chránily před korozí. Pro vytvoření dokonalého antikorozního účinku jsou do řezného prostředí přidávány přísady, které pasivují kovy proti nežádoucím účinkům. Dalším důležitým požadavkem je to, aby řezné prostředí nerozpouštělo nátěry obráběcích strojů a nebyla agresivní vůči pryžovým těsněním.

3.2.6 Zdravotní nezávadnost

Požadavek na zdravotní nezávadnost řezného prostředí vychází z toho, že při práci na obráběcích strojích obsluha přichází obsluhující pracovník do styku s nosným médiem. Proto řezné prostředí nesmí být zdraví škodlivé a jedovaté.

Zdravotní nezávadnost řezného prostředí závisí také na jejích provozní stálosti a čistotě.

3.2.7 Přiměřené náklady

Přiměřené náklady souvisí především se spotřebou řezného media. Při rozboru nákladů je nutné nejdříve posoudit jejich vliv na proces obrábění, tj. na trvanlivost nástroje, ostření, jakost obrobku a spotřebu energie. Jedině podrobný technicko-ekonomický rozbor může rozhodnout o vhodnosti určitého druhu řezného prostředí.

3.3 Druhy řezných kapalin

Řezné kapaliny je možné členit převážně na kapaliny s převažujícím chladicím nebo mazacím účinkem.

3.3.1 Vodní roztoky

Vodní roztoky jsou nejjednodušší řezné kapaliny, ale mají málo výhod. Voda, jako jejich základ, vyžaduje řadu úprav, jako je její změkčování, přidávání přísad proti korozi, pro zlepšení smáčivosti a proti pěnivosti. Vodní roztok musí být vždy alkalický. Vodné roztoky mají velmi dobré chladicí a čistící účinky.

3.3.2 Emulzní kapaliny

Emulzní kapaliny tvoří disperzní soustavou dvou vzájemně nerozpustných kapalin, z nichž jedna tvoří mikroskopické kapky, rozptýlené v kapalině druhé. Obvykle se jedná o olej ve vodě. Přitom je třeba využít další složky tzv. emulgátory, které zabrání shlukování jemně rozptýlených částic oleje ve vodě. Emulzní kapaliny spojují do jisté míry přednosti vody a mazacích olejů. Chladicí účinek závisí na koncentraci emulze.

3.3.3 Řezné oleje

Řezné oleje jsou zušlechtěné minerální oleje. Přísady, které se používají, mají vyšší tlakovou únosnost a také lepší mazací vlastnosti.

Jako přísady, které zlepšují mazací schopnosti řezných olejů se používají mastné oleje, organické látky a pevná maziva

3.3.4 Syntetické a polosyntetické kapaliny

Tento druh řezných kapalin se vyznačuje velkou provozní stálostí. Většinou jsou rozpustné ve vodě a mají dobré chladicí, mazací a ochranné účinky. Syntetické řezné kapaliny neobsahují minerální oleje, ale jsou složeny z rozpouštědel – glykolů, které ve vodě emulgují nebo se rozpustí.

V syntetických kapalinách je možné rovněž rozptýlit oleje, čímž vznikají polysyntetické řezné kapaliny, které mají příznivější mazací schopnosti. [6]

3.4 Firma PARAMO a.s.

Společnost Paramo se zaměřuje na zpracování ropy na rafinérské a asfaltářské výrobky a na výrobu mazacích a procesních olejů, včetně výrobků navazujících a pomocných. Firma rovněž nakupuje a zpracovává olejové hydrogenáty a hydrokrakáty z firmy Unipetrol RPA. Získané meziprodukty využívá při výrobě základových a mazacích olejů s velmi nízkým obsahem síry.

V roce 1994 se státní podnik Paramo Pardubice transformoval v akciovou společnost. Více než 70 procent jejích akcií přešlo do správy Fondu národního majetku. Tento balík akcií odkoupil v roce 2000 Unipetrol, který ke dni 31. prosince 2008 vlastnil 91,77procentní podíl na základním jmění společnosti Paramo. Od 4. března 2009 je podíl společnosti Unipetrol v Paramu stoprocentní. K tomuto datu byla v souladu s obchodním zákoníkem převedena vlastnická práva minoritních akcionářů společnosti Paramo na Unipetrol.

Paramo je stoprocentním vlastníkem společnosti s ručením omezeným Mogul Slovakia, která se zabývá nákupem a prodejem olejů a maziv. [7]

3.5 Jednotlivé procesní kapaliny od firmy Paramo a.s.

Od firmy Paramo bylo použito k měření pět různých kapalin, které měly různé koeficienty.

ERO SB (koeficient 1)

Tento emulgační olej tvoří s vodou mléčnou emulzi, která se používá jako řezná kapalina při obrábění kovů a jako těžko hořlavá kapalina pro některé nenáročné hydrostatické mechanismy. Doporučená koncentrace 3-8% dle podmínek obrábění.

ERO SB PLUS (koeficient 1)

Tento emulgační olej tvoří s vodou mléčnou emulzi, která se používá jako řezná kapalina při obrábění kovů a jako těžko hořlavá kapalina pro některé nenáročné hydrostatické mechanismy. Doporučená koncentrace 3-8% dle podmínek obrábění.

LACTIC (koeficient 1,05)

Tento emulgační olej tvoří s vodou stabilní emulzi s dobrou ochranou schopností proti atmosférické korozi a s nízkou pěnivostí, která se používá jako řezná kapalina při obrábění kovů a jako těžká hořlavá kapalina pro nenáročné hydraulické mechanismy.

EOPS 1030 (koeficient 1,09)

Tento emulgační olej tvoří s vodou stabilní mikroemulzi s dobrou ochranou schopností proti mikrobiálnímu napadení, atmosférické korozi a nízkou pěnivostí, která se používá jako řezná kapalina při obrábění kovových i nekovových materiálů a jako těžko hořlavá kapalina pro nenáročné hydraulické mechanismy. Doporučená koncentrace 3-10% dle způsobu použití.

EOPS 2040 (koeficient 1,1)

Tento emulgační olej tvoří s vodou vysoce stabilní mikroemulzi s obsahem vysokotlaké přísady a 40% ropného oleje. Používá se jako kapalina při obrábění kovů se zhoršenou nebo velice špatnou obrobiteľností. Vedle běžných obráběcích operací je vhodná i pro složité obráběcí operace. Při aplikaci vyniká výraznou únosností mazacího filmu, smáčecí a oplachovací schopností. Doporučená koncentrace 5-10% dle podmínek obrábění.

SYSTEMCLEAN

Tento čistič se používá při výměnách systémových náplní obráběcích kapalin v obráběcích strojích. Obsahuje účinnou konzervační látku, která uvolňuje mechanické nečistoty, zbytky mikroorganismů a účinnou konzervační látku, která mikroorganismy zneškodní. Dávkování 1-3% na náplň obráběcí kapaliny. K dosažení optimálních výsledků čištění se doporučuje nechat působit prostředek v obráběcím stroji po dobu minimálně 6 hodin za dokonalé cirkulace obráběcí kapaliny v stroji. [8]

4. Definice pojmu trvanlivosti nástroje při třískovém obrábění, analýza vlivu procesních kapalin na trvanlivost nástroje při frézování

4.1 Trvanlivost břitu nástroje

Doba trvání řezného procesu, která koresponduje s provozuschopným stavem břitu se označuje jako trvanlivost. Je to doba, po kterou je nástroj schopen efektivně plnit požadované funkce, které jsou identifikované příslušnými parametry. Trvanlivost nástroje je tedy určena intervalem mezi nasazením nástroje do řezného procesu a vznikem poruchy, kterou končí provozuschopný stav nástroje.

Poruchy nástroje z technologického hlediska jsou postupné a náhlé. Postupná porucha je postupná změna jednoho nebo více parametrů např. opotřebení nástroje. Náhlá porucha je prudká změna jednoho nebo více parametrů např. vylomení břitu, destrukce břitu.

Trvanlivost a životnost břitu nástroje se nejčastěji vyjadřuje jako čas řezného procesu [min] nebo dráha řezu [m, km].

Trvanlivost břitu T je všeobecně závislá na řezných podmínkách. Závislost trvanlivosti na řezné rychlosti se pro jinak konstantní podmínky popisuje jednoduchým Taylorovým vztahem ve tvaru : $T = C_T \cdot v_c^{-m}$ [min]

C_T – konstanta [-]

m – exponent [-]

v_c – řezná rychlost [m.min⁻¹]

Konstanta C_T závisí především na materiálu obrobku a nástroje a nabývá hodnot 10^8 až 10^{12} . Velikost exponentu m charakterizuje především vlastnosti řezného nástroje:

nástrojové oceli $m = 10 - 8$ (6)

rychlořezné oceli $m = 8 - 5$ (3)

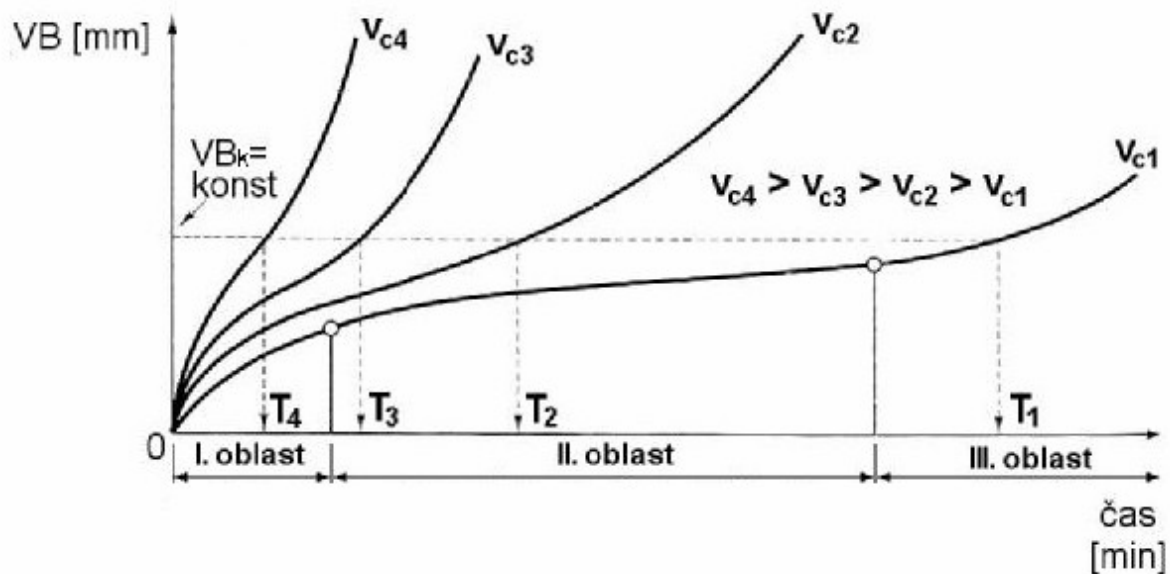
slinuté karbidy $m = 5 - 2,5$ (2)

řezná keramika $m = 2,5 - 1,5$ (1,2)

Stanovení trvanlivosti břitu pro kritické opotřebení hřbetu VB_k se provede při zvolených řezných rychlostech (obr.2) . [6]

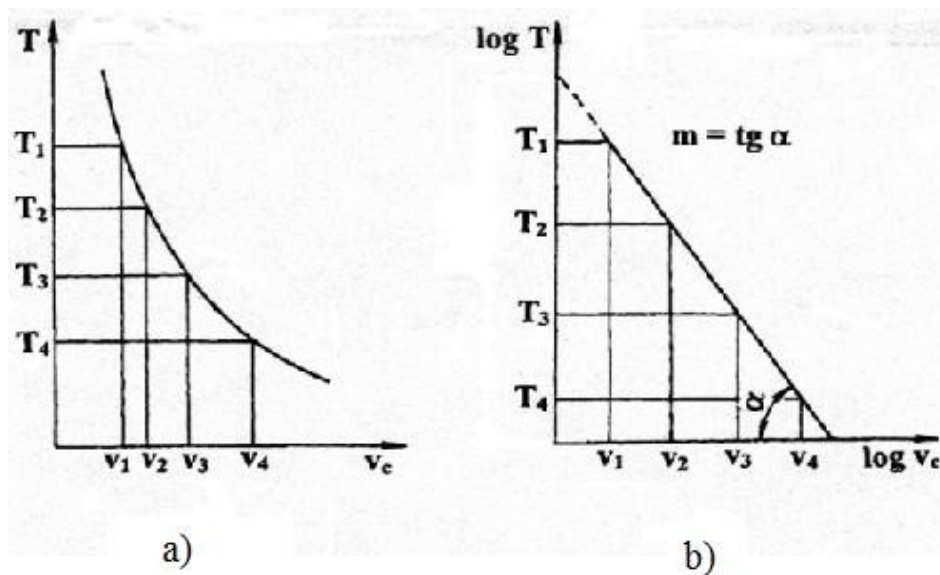
$$v_{c1} < v_{c2} < v_{c3} < v_{c4}$$

$$T_1 > T_2 > T_3 > T_4$$



Obr.2 Stanovení trvanlivosti břitu T_1, T_2, T_3, T_4 v závislosti na řezných rychlostech $v_{c1}, v_{c2}, v_{c3}, v_{c4}$, pro kritické opotřebení břitu VB_k [6, 9]

Průběh závislosti znázorněny v lineárních souřadnicích (a) a v logaritmických souřadnicích (b) je na obr.3



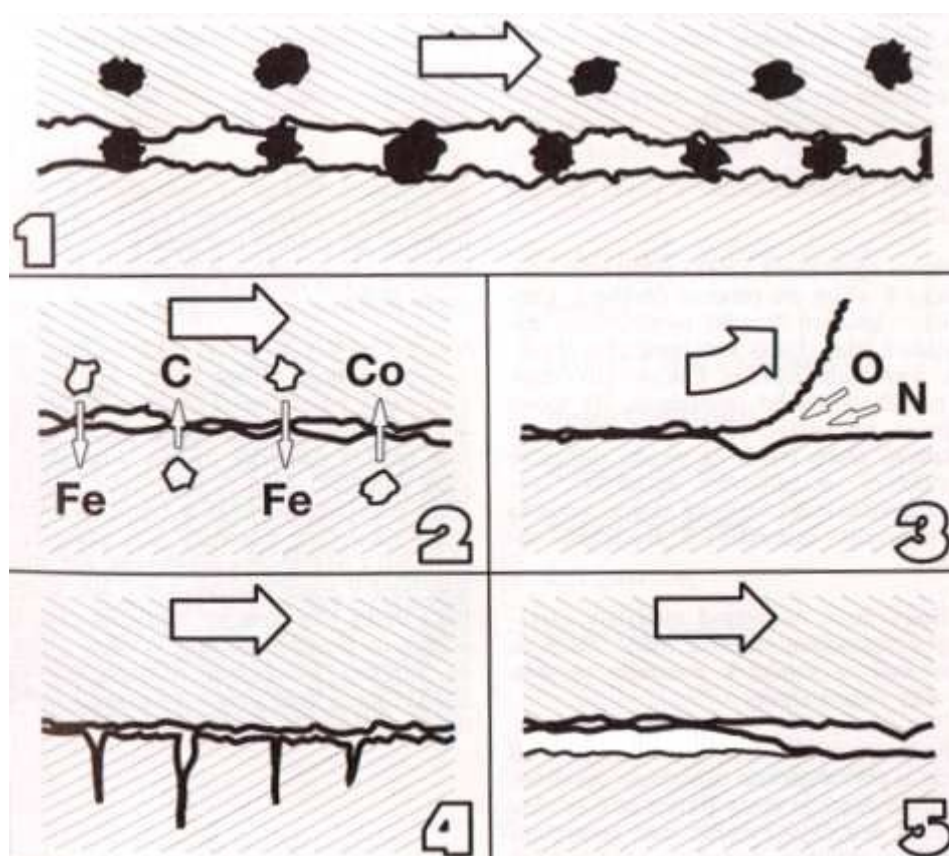
Obr. 3 Průběh závislosti $T = f(v_c) = C_T \cdot v_c^{-m}$ [6]

V první fázi dochází vlivem malé stykové plochy k velkému měrnému tlaku a k rychlému růstu otřené plochy. Ve druhé fázi se intenzita otěru zpomalí a jeho závislost na čase je lineární. Ve třetí fázi se intenzita otěru opět zvyšuje a v krátké době se může břit úplně porušit. [10]

4.2 Mechanismy opotřebení (obr.4)

Působením zatěžujících faktorů, které můžeme při procesu obrábění na břitu pozorovat, vznikají některé základní mechanismy opotřebení :

- 1 - abrazivní opotřebení
- 2 - difúzní opotřebení
- 3 - oxidační opotřebení
- 4 - lom (statický nebo dynamický)
- 5 - adhezní opotřebení



Obr.4 Hlavní mechanismy opotřebení břitu nástroje při obrábění kovů

4.2.1 Abrazivní opotřebení

Je velmi rozšířenou formou, která vzniká hlavně působením tvrdých částic v materiálu obrobku. Je to podobné jako při broušení, při němž se tvrdé částice dostávají mezi povrch obrobku a povrch nástroje. Vlivem mechanického zatížení tak vzniká rovinná plocha na hřbetě břitu. Schopnost břitu odolávat abrazivnímu opotřebení je z větší části závislá na jeho tvrdosti. Řezný nástrojový materiál, který obsahuje strukturu tvrdých částic, bude tomuto opotřebení

odolávat dobře, nemusí však při procesu obrábění odolávat bezpodmínečně i jiným druhům zatížení.

4.2.2 Difúzní opotřebení

Vzniká působením chemických vlivů při procesu obrábění. Chemické vlastnosti řezného nástrojového materiálu a jeho afinita vůči materiálu obrobku jsou rozhodujícími činiteli pro vznik a průběh difúzního opotřebení. Na tomto procesu má tvrdost řezného materiálu jen malý podíl. O podílu difúzního opotřebení rozhoduje chemické složení řezného nástrojového materiálu a materiálu obrobku.

Afinita mezi slinutým karbidem a ocelí vede k pokračujícímu difúznímu opotřebení.

Důsledkem je vznik žlábků na čele břitů. Protože toto opotřebení souvisí s teplotou, vytvoří se při vysokých řezných rychlostech největší žlábek. K výměně atomů probíhá ve dvou směrech jeden transfer probíhá z feritu oceli do nástroje, druhý transfer z atomu uhlíku do třísky.

4.2.3 Oxidační opotřebení

Vysoké teploty a okolní vzduch mají za následek oxidaci většiny kovů, i když takovéto oxidy působí velmi rozdílně. Wolfram a kobalt tvoří porézní filmy oxidu, které jsou snadno odnášeny třískou. Jiné oxidy, jako např. oxid hlinitý, jsou naproti tomu podstatně pevnější a tvrdší. Některé řezné nástrojové materiály jsou proto náchylnější k oxidačnímu opotřebení, než jiné. Speciálně v místě kontaktu břítu, kde končí šířka třísky má vzduch přístup do řezného procesu. V tomto případě vznikají působením oxidace typické žlábků.

4.2.4 Lom

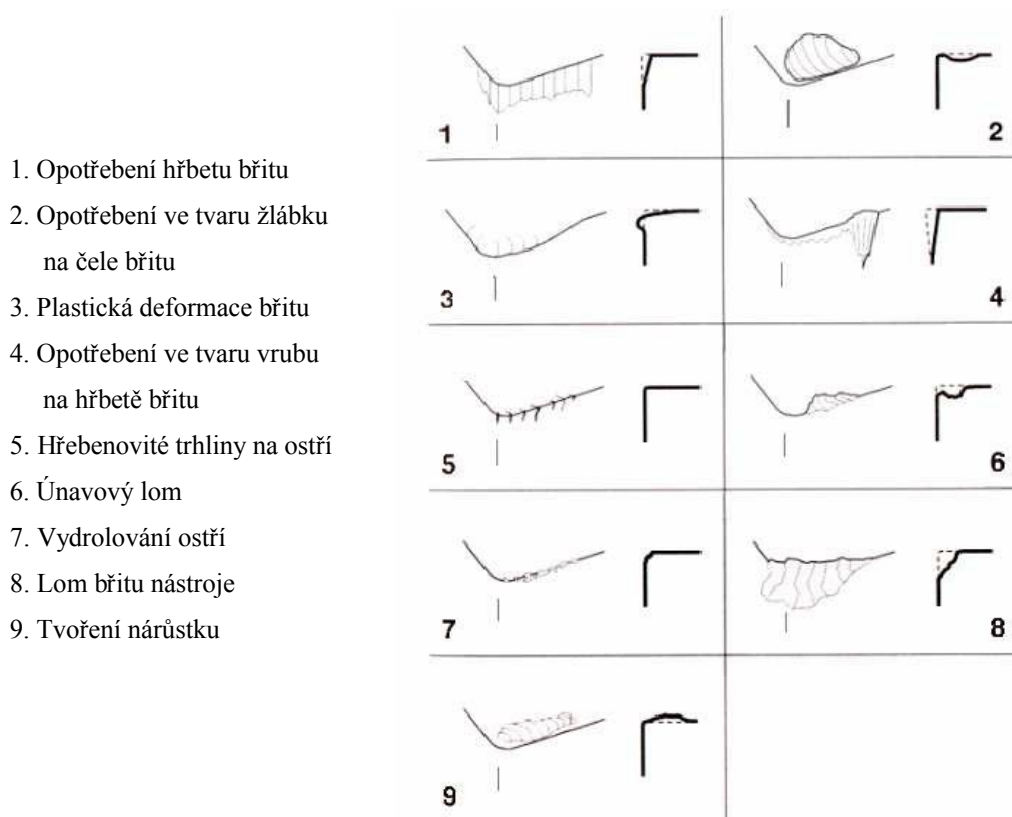
Má často termomechanické příčiny. Kolísání teploty a zatížení řeznými silami mohou vést k vydrolování a lomu řezného nástroje. Řezné nástrojové materiály reagují na tato zatížení různě. Čistá mechanická únava může být vyvolaná, s ohledem na mechanickou pevnost břítu, příliš vysokými řeznými silami. Příčiny mohou být na jedné straně v příliš velké tvrdosti nebo pevnosti materiálu obrobku a ve vysokých posuvech, nebo na druhé straně v příliš tvrdém řezném nástrojovém materiálu. Ale také v případě příliš měkkého řezného nástrojového materiálu může dojít k lomu, dojde-li vlivem vysokých teplot k plastické deformaci břítu a tím ke změně jeho geometrie. Důsledek: zvýšené řezné síly a následný lom.

Adhezní opotřebení

Vyskytuje se hlavně při nízkých teplotách obrábění na čele břitu nástroje. Může vzniknout jak u ocelí tvořících dlouhou třísku, tak rovněž u materiálů s krátkou třískou. Tento jev vede k vytváření nárůstku mezi třískou a břitem. Jedná se o průběh s narůstajícím počtem vrstev, které jsou z třísky navařovány a vytvrzovány a stávají se tak součástí břitu. Takto nárůstkem vytvořený břit může tvořit základ pro nové nárůstky na břitu, nebo může poškodit původní břit vydrolováním nebo výlomem. Vytváření nárůstkových břitů se mění podle různých druhů řezných nástrojových materiálů. Ke vzniku nárůstku dochází, v závislosti na afinitě mezi řezným nástrojovým materiálem a materiálem obrobku a na tlacích v místě řezu, jen v určité oblasti.

4.3 Klasifikace typů opotřebení břitů nástrojů (obr.5)

Byla prováděna za účelem vytvoření báze pro posouzení operací obrábění a tím i možnosti ovlivnění produktivity i v tomto předvýrobním stadiu. Mimo to jsou pro volbu správných druhů materiálů a pro určení odpovídajících parametrů obrábění k dispozici následující kritéria: přesnost rozměrů, jakost obrobeného povrchu a kontrolovaný odchod třísky.



Obr.5 Klasifikace typů opotřebení břitů nástrojů

4.3.1 Opotřebení hřbetu bříty

Patří mezi abrazivní formy opotřebení a projevuje se na hřbetní ploše bříty. Plochy hřbetu u hlavního ostří, vedlejšího ostří, poloměru špičky, nebo na čelní fasetce, jsou před utvářením třísky, v průběhu a po utváření třísky zvlášť vystaveny působení materiálu obrobku. Opotřebení hřbetu bříty je všeobecně obvyklým typem opotřebení, přičemž stejnoměrně se zvětšující opotřebení hřbetu bříty je často považováno za ideální. Příliš velké opotřebení hřbetu bříty má za následek zhoršení jakosti obrobeného povrchu, nepřesnost rozměrů a narůstající tření, které vzniká změnou geometrie bříty.

4.3.2 Opotřebení ve tvaru žlábků na čele bříty

Je důsledkem působení mechanismů difúzního opotřebení a obraze. Žlábků vzniká částečně úběrem řezného nástrojového materiálu, vyvolaným brousícím pochodem, který způsobují tvrdé částice obsažené v materiálu obrobku, ale hlavně difúzí v místě bříty s nejvyšší teplotou, to znamená, v kontaktním místě mezi třískou a materiálem bříty. Tvrdost za tepla a malá afinita mezi materiály obrobku a bříty nástroje snižují tendenci ke vzniku tohoto typu opotřebení. Mimořádně velké opotřebení v podobě žlábků může změnit geometrii bříty a ovlivnit tak tvar třísky, změnit směr působení řezných sil a zeslabit břit.

4.3.3 Plastická deformace bříty

Vzniká působením kombinace vysokých teplot a řezných tlaků na bříty. Vysoké řezné rychlosti a posuvy, jakož i tvrdé materiály obrobků vyvolávají vznik vysokých teplot a tlaků. U řezného nástrojového materiálu, kterým těmto zatížením odolává a plasticky se nedeformuje, je tvrdost za tepla rozhodujícím faktorem. Typická deformace (vyboulení) bříty ještě více zvyšuje teploty a má za následek změnu geometrie bříty, změny v odchodu třísek a může velmi rychle dosáhnout kritického stádia. Toto opotřebení lze zmenšit použitím správného zaoblení ostří a volbou správné geometrie bříty.

4.3.4 Opotřebení ve tvaru vruby na hlavním hřbetě bříty

Patří k typickým adhezním opotřebením, může však stejně dobře souviset s jevem oxidačního opotřebení. Vruby vznikají v místě kontaktu bříty s bokem třísky. Toto opotřebení se omezuje přesně na to místo, kudy proniká vzduch do oblasti obrábění.

Opotřebení ve tvaru vrubu na vedlejší hřbetě břitů má mechanické příčiny; jejich původci jsou tvrdé částice materiálu obrobku. Mimořádně velké opotřebení ve tvaru vrubu ovlivňuje utváření třísky a může vést k lomu destičky.

4.3.5 Vznik hřbenovitých trhlin na ostří

Je formou únavového opotřebení, které vzniká tepelnými šoky. Zvláště změna teplot při frézování často vede k tomuto druhu opotřebení. Trhliny se tvoří kolmo na ostří; přitom se mohou částice řezného nástrojového materiálu mezi jednotlivými trhlinami vylamovat a vyvolat tak náhlý lom břitů. Změnou tloušťky třísky se při obrábění změny rovněž teploty. Použití chladících kapalin se nedoporučuje, protože zvyšuje teplotní rozdíly při záběru břitů do materiálu obrobku a při výstupu z něj.

4.3.6 Únavový lom

Je typickým následkem mimořádně velkých změn velikosti řezných sil. Tento druh lomu vzniká vlivem součtu neustále se měnících různých zařízení, kdy působení jednotlivých druhů zatížení není samo o sobě dost velké, aby mělo za následek lom. Způsob vřezávání nástroje do materiálu obrobku a změna velikosti a směru působení řezné síly mohou být pro pevnost a houževnatost vyměnitelné břitové destičky příliš náročné. Lomové plochy probíhají paralelně s ostřím.

4.3.7 Vydrolování ostří

Je formou opotřebení, při níž se břit namísto stejnoměrného opotřebovávání vydroluje. Toto opotřebení je způsobeno špičkami zatížení a vede k tomu, že drobné částičky řezného nástrojového materiálu se začnou oddělovat z povrchu břitů. Přerušované řezy jsou nejčastější příčinou tohoto typu opotřebení. Pečlivé sledování břitů ukáže, kde je možné očekávat vydrolování. Odlupování materiálu a trhliny jsou příznaky, které upozorňují na možnost lomu břitů.

4.3.8 Lom

Je osudným koncem každého břitů. Totální lom je často velmi nebezpečný a mělo by se mu za všech okolností zabránit. Lom břitů nástroje je nutné v každém případě považovat za ukončení trvanlivosti. Změny geometrie, oslabení břitů, nárůst teplot a sil mohou vést ke značným škodám. Křehký lom může být způsoben různými faktory; často je zvolený materiál břitů málo houževnatý, aby

mohl zvládnout všechny požadavky na obrábění

4.3.9 Tvorba nárůstku

Je v převážné většině případů fenoménem, vztahujícím se k teplotám a řezným rychlostem. Může však být způsobena i odlupováním vrstev v místě břitu, nebo formami opotřebení. Mimo změny geometrie břitu působí tato forma opotřebení negativně ještě proto, že se mohou částice materiálu břitu odlomit společně s navařeným nárůstkem, který je tvořen částicemi materiálu obrobku. Afinita materiálu břitu k materiálu obrobku hraje v tomto případě rozhodující roli. Nízké teploty a vysoké tlaky přitom vyvolávají mezi materiálem třísky a čelem nástroje efekt svařování. Naštěstí jsou oblasti teplot a řezných rychlostí, při nichž nárůstky vznikají, relativně dobře známé, proto je možné tomuto jevu často zabránit. Velká část moderních způsobů obrábění probíhá stejně nad oblastí tvorby nárůstku a mnohé moderní řezné materiály nemají při správném použití k této formě opotřebení sklony. Zhoršená jakost obrobeného povrchu je často prvním negativním důsledkem pokračující tvorby nárůstku, nadměrná tvorba nárůstku může v nejhorším případě vést dokonce i k lomu břitové destičky. [11]

5. Definice pojmu drsnost povrchu, metody měření drsnosti povrchu

5.1 Definice drsnosti povrchu

Drsnost povrchu je důležitým činitelem zejména pro dynamický součásti, které se začínají porušovat zpravidla od povrchu. Větší drsnost tedy nepříznivě nepříznivě působí na únavovou pevnost součásti popřípadě i na jejich odolnost proti otěru

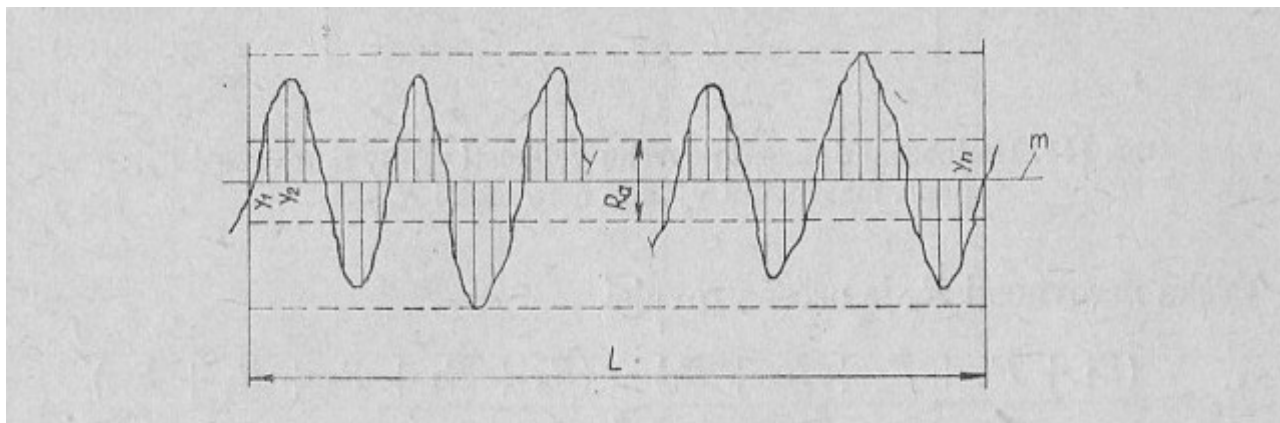
Obrobená plocha není v žádném případě ideálně hladká. Vykazuje vždy určitý stupeň drsnosti, který je určen mikronerovnostmi vzniklými při obrábění.

Drsnost obrobené plochy je způsobena stopami, které na ní zanechá břit nástroje. Druh a stupeň drsnosti závisí na způsobu obrábění, na fyzikálních a mechanických vlastnostech obráběného materiálu, na jakosti, tvaru a geometrii břitu, na řezných podmínkách (posuv, řezná rychlost). Drsnost povrchu dosahována při obrábění může být dále ovlivňována tuhostí soustavy stroj-nástroj-obrobek, způsobem upínání obrobku, řeznou kapalinou, třením třísky a nástroje o obrobený povrch, opotřebením nástroje.

Drsnost povrchu obrobené plochy je různá v příčném a podélném směru. Příčný směr je kolmý ke směru řezného pohybu, podélný je s řezným pohybem rovnoběžný.

U některých způsobů obrábění je drsnost povrchu obrobené plochy větší v příčném směru (soustružení, vrtání), u jiných obrábění je větší ve směru podélném (frézování). U dokončovacích operací je drsnost v obou směrech stejná (honování). Stupeň drsnosti určujeme zásadně ve směru největší drsnosti.

Důležitá je hodnota R_a [μm], která se předepisuje na výkresech v případě výroby a je to střední aritmetická úchylka (obr.6) tedy střední hodnota vzdálenosti bodů zjištěného profilu od jeho střední čáry (střední hodnota největších a nejmenších bodů).[12]



obr.6 Střední aritmetická úchylka

5.2 Drsnost povrchu při běžném obrábění

Obrábění		Drsnost povrchu R_a [μm]	
Druh	Způsob		
Soustružení	jemné	1,6	(0,8)
	velmi jemné	0,4	(0,2)
Frézování	čelní jemné	3,2	(1,6)
	čelní velmi jemné	1,6	
	válcovou frézou — jemné	3,2	(1,6)
Vrtání děr	šroubovým vrtákem	12,5	(6,3)
	výhrubníkem	6,3	(3,2)
	zahlučování a zarovnávání	6,3	(3,2)
	vystružování	1,6	(0,8)
Vyvrtávání	jemné	1,6	(0,8)
	velmi jemné	0,4	(0,2)
Hoblování	jemné	3,2	(1,6)
	velmi jemné	1,6	(0,8)
Protahování	jemné	0,8	
Broušení	mezi hroty obvodové jemné	0,4	(0,2)
	zvlášť jemné speciálními kotouči	0,025	
	bezhroté	0,4	(0,2)
	vnitřní jemné	0,4	(0,2)
	zvlášť jemné	0,025	
	na plocho obvodové	0,4	(0,2)
	čelní – křížový výbrus	0,4	(0,2)
Lapování	jemné	0,1	
	velmi jemné	0,05 až 0,005	
Honování a superfinišování	jemné	0,1	
	velmi jemné	0,025	
Stupně drsnosti uvedené v závorkách lze dosáhnout jen za zvlášť příznivých podmínek obrábění			

Tab. 1 Drsnost povrchu při běžném obrábění [12]

5.3 Měření drsnosti povrchu

Pro hodnocení drsnosti povrchu ploch výrobků a kvantitativní charakteristiky drsnosti povrchu byl vyvinut velký počet kontrolních metod a měřících přístrojů.

Způsoby kontroly drsnosti povrchu lze rozdělit na:

- kvalitativní hodnocení drsnosti
- profilové a plošné metody kvantitativního měření drsnosti povrchu

5.3.1 Kvalitativní hodnocení drsnosti povrchu

Kvalitativní hodnocení drsnosti povrchu nejsou zcela přesná, protože závisí na subjektivním úsudku. Drsnost povrchu se určuje lidským smysly, tj. porovnáním kontrolovaného povrchu se vzorovými plochami zrakem nebo hmatem nebo pomocí optických pomůcek (lupy, mikroskopy). Výhodou je že se umožňuje rychlé posouzení povrchu.

Vzorkovnice drsnosti povrchu umožňuje posoudit drsnost ploch, které byly obrobena různými způsoby.

Spolehlivost a přesnost odhadu drsnosti povrchu porovnávacích vzorků ovlivňuje řada činitelů např. druh materiálu a jeho barva, tvar a velikost ploch, řezné podmínky, geometrie břítu nástroje.

Význam hodnocení drsnosti povrchu pomocí vzorkovnic poklesl, když byly vyvinuty spolehlivé přístroje zejména přenosné, které umožňují rychlé a spolehlivé kvantitativně charakterizovat drsnost povrchu.

Nepřímé kvantitativní měření drsnosti povrchu lze zařadit pod souhrnné hodnocení drsnosti povrchu. Přestože jsou údaje o drsnosti povrchu kvantifikovány, lze těchto číselných údajů využít pouze při možnosti porovnání se vzorovou plochou, po kterou známe příslušné parametry drsnosti.

Uvedený způsob hodnocení lze přirovnat ke způsobu podle vzorkovnic, ale místo lidských smyslů se porovnává plocha se vzorovou pomocí komparačních přístrojů.

5.2.2 Profilové a plošné metody kvantitativního měření drsnosti povrchu

Dotykové profiloměry jsou v současné době stále nejvíce používanými přístroji pro měření drsnosti povrchu. Měření probíhá tak, že po měřeném povrchu se posouvá rovnoměrnou rychlostí měřící dotek s velmi malým poloměrem zaoblení kuželového hrotu. Změny polohy měřícího hrotu převádí snímač na analogové změny elektrického napětí.

Snímač absolutní

Měřeného povrchu se u nich dotýká jen měřicí hrot a určují se jimi relativní rozdíly nerovnosti povrchu, od geometricky přesné trajektorie pohybu měřicího hrotu. Při měření absolutními snímači se musí měřená plocha přesně vyrovnat s dráhou měřicího hrotu. Snímač tohoto druhu je citlivý na otřesy a je nutné s nimi opatrně zacházet.

Snímač relativní

Tyto snímače jsou uvedeny po měřené ploše jednou nebo dvěma opěrnými patkami. Měřícím hrotem se určují relativní rozdíly mezi polohou měřicího hrotu a kontrolovaným bodem profilu plochy. Při měření relativními snímači není obecně nutné vyrovnávat měřenou plochu přesně rovnoběžně se směrem pohybu snímače.

Měření hroty – na jeho geometrii závisí, zda při měření zachytí celý tvar nerovnosti povrchu až do dna největších prohlubní. Používá se většinou diamantové hroty s vrcholovým úhlem 90° a s poloměrem špičky 2 a 12 μm . Přístroje s okamžitou transformací profilu patří většinou do skupiny optických přístrojů umožňující kvantitativní měření drsnosti povrchu na principu světelného řezu a dosud interferenční metody.

Optické měření drsnosti

Při této metodě optický analyzátor povrchu určuje měřenou charakteristiku z rozdělení záření, odraženého od kontrolovaného povrchu. Dopadem na drsný povrch se paprsky rozptýlí pod různými úhly a detektor analyzátoru snímá intenzitu rozptylu světla. [13]

6. Navržení metodiky zkoumání trvanlivosti nástroje a drsnosti povrchu při nesousledném frézování nerezové oceli

Smyslem práce je zjistit při nesousledném frézování dobu trvanlivosti břitů a kvalitu povrchu za použití různých procesních kapalin. Cílem tedy bude měření opotřebení břitů v čase a kvalitu povrchu při různých procesních kapalinách a z výsledků vyvodit závěry. K měření použijeme nástroj ze slinutého karbidu. Zvolená břitová destička je od českého výrobce řezných materiálů a obráběcích nástrojů a to od firmy Pramet Tools, s.r.o. se sídlem společnosti v Šumperku. Výměnná břitová destička má geometrii SNUN 120412. Řezný materiál, této povlakované destičky je s označením jakosti 8230 (obr.7). Jako materiál je použit nerezová ocel 17351. Její chemické složení je 0,08% C + 15,5-17% Cr + 5,5-7% Ni + 0,3-0,8% Mn + 0,9 Si + 0,045 P + 0,035 S. [14] Polotovár má tvar hranolu o rozměrech cca 570x 75x 73 milimetrů Celé měření probíhalo v laboratořích Katedry obrábění a montáže na Technické univerzitě v Liberci.



obr. 7 Výměnné břitové destičky

6.1 Popis měření trvanlivosti

Upnutí a vyrovnaní obrobku bude provedeno ve svěráku. Svěrák bude upnut pomocí dvou šroubů do drážek pracovního stolu frézky. Nástroj bude čelní válcová fréza o průměru $D=63$ mm s 8 lůžky pro upnutí vyměnitelných břitových destiček. Při samotném měření však nebude osazena plným počtem destiček, ale pouze jednou, ostatní pozice zůstanou prázdné. Destička bude pracovat sama a lze tak lépe změřit její trvanlivost, než při plném osazení, kdy by docházelo k nejednotnému opotřebení jednotlivých pracujících destiček. Každá destička obsahuje 8 břitů a můžeme ji použít vícekrát.

Frézování bude prováděno na konzolové frézce FNG 32 (obr.8) od českého výrobce TOS Olomouc, s.r.o., která je vybavena číslíkovým odměřováním a tedy i panelem, na kterém se zobrazuje aktuální poloha obrobku po určení nulového bodu. Toto odměřování bude využito k určování doby frézování výměnné břitové destičky. Před zahájením práce destičky vynulujeme odměřování, aby se nám lépe odečítala naměřená hodnota. Po určitém časovém úseku bude měření přerušeno a zapíšeme naměřenou hodnotu, kterou následně podělíme hodnotou posuvu za minutu f_{\min} [mm/min] a tím získáme přesnou hodnotu času práce rezného nástroje.

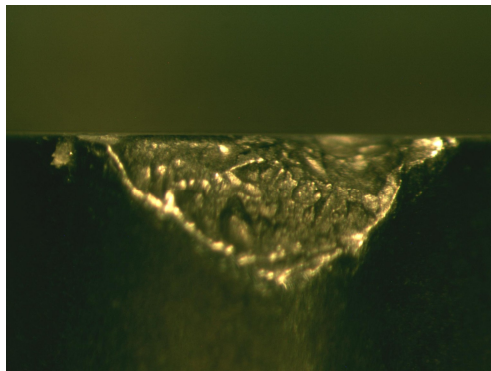


obr.8 Frézka FNG 32

Řezné podmínky budou nastaveny s ohledem na možnosti stroje, slinuté karbidy, složení a velikost materiálu.

- Řezná rychlost $v_c = 39,6$ [m/min]
- Otáčky $n = 200$ [ot/min]
- Posuv $f_{\min} = 20$ [mm/min]
- Hloubka záběru $a_p = 1,0$ [mm]

Zásadní pro stanovení doby trvanlivosti výměnné destičky, resp. jejího břítu je stanovení meze otupení. Hodnotou otupení volím tedy plošku vytvořenou na hřbetě břítu VB o velikosti 0,7 mm a více (obr.9)



Obr.9 Opotřebení břítu zvětšené na mikroskopu

Abychom měli dostatek naměřených hodnot musíme pro každou kapalinu provést pět měření. Po jednotlivém otupení se destička otočí a použije se její další břit pro další měření. Hrany budou pečlivě označeny, aby nemohlo dojít k jejich vzájemné záměně.

Vyhodnocení opotřebení bude provedeno průběžným způsobem přímo u stroje pomocí lupy a následnou kontrolou na mikroskopu.

Jako pomůcka pro průběžné měření opotřebení břítu výměnné břitové destičky bude použita lupa Brinell (obr.10). Vyznačuje se 24 násobným zvětšením pozorovaného objektu. Je opatřena stupnicí, jeden dílek značí 0,05 mm.

Po skončení měření byly hodnoty otupení přezkoumány na mikroskopu SZP 3112- T (obr.11)



Obr.10 Lupa Brinell



Obr.11 Mikroskopu SZP 3112- T

6.2.1 Příprava kapaliny

Do kanistru smícháme vodu a procesní kapalinu (obr.12) abychom měli 4% koncentraci. Záleží jaký koeficient má kapalina. Když má kapalina jiný koeficient než jedna tak 4% koncentraci podělíme daným koeficient a výsledek namícháme. Koncentraci měříme pomocí refraktometru (obr.13). Na refraktometr dáváme kapalinu pomocí pipety, kterou nejříve propláchneme. Připravenou kapalinu nalijeme do kádinky, kde pomocí čerpadla (obr.14) jde do stroje a zpět. Než začneme měření s další procesní kapalinou, tak musíme hadice stroje pročistit od původní kapaliny. To uděláme tak, že do kádinky nalijeme vodu a kapku čističe SYSTEAMCLEN (obr.12) a pomocí čerpadla necháme pročistit než uvidíme, že teče průhledná voda. Teď můžeme začít další měření.



obr.12 Procesní kapaliny a čistič od Parama



obr.13 Refraktometr



obr.14 Chladicí systém

6.2 Měření drsnosti povrchu obrobku

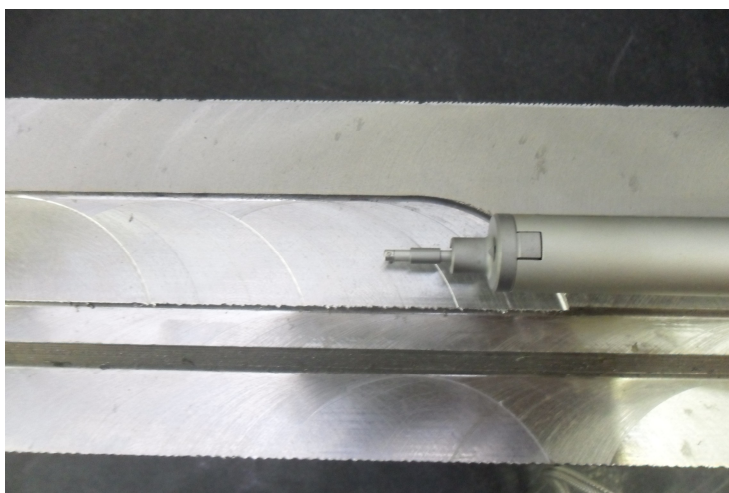
Při tomto měření bude zkoumána drsnost obrobeného povrchu, který vznikne odebráním třísky při různých procesních kapalinách. Řezné podmínky budou po celou dobu procesu stejné.

- Řezná rychlost $v_c = 33,6$ [m/min]
- Otáčky $n = 170$ [ot/min]
- Posuv $f_{min} = 34$ [mm/min]
- Hloubka záběru $a_p = 1,0$ [mm]

Obrábět se bude pouze 1 destičkou, která bude osazena na fréze. Obrobí se určitá velikost plochy cca 10 mm. Procesní kapalinu stříkáme z lahve po celou dobu procesu. Poté se zastaví posuv, změní procesní kapalina, posuv se opět zapne a práce bude pokračovat. Tím vznikne řada obrobených plošek navazujících jedna na druhou.

Drsnost bude měřena pomocí sondy (obr.15) stroje MITUTOYO- SURFTEST- SV 2000 (obr. 16).

Každá obrobená plocha bude pro dostatečně velkou množinu hodnot změřena 10 krát. Měřit se bude střední aritmetická odchylka R_a a nosný podíl profilu obrobku C_{tp50} . Z těchto hodnot se vypočte opět aritmetický průměr. Z průměrných hodnot se pak vytvoří křivkové grafy závislosti drsnosti obrobeného povrchu (závislost nosného podílu profilu obrobku) na určité procesní kapalině. Z těchto grafů budou vyvozeny patřičné závěry o vlivu procesních kapalin na drsnost povrchu.



Obr. 15 Sonda měřící drsnost obrobeného povrchu



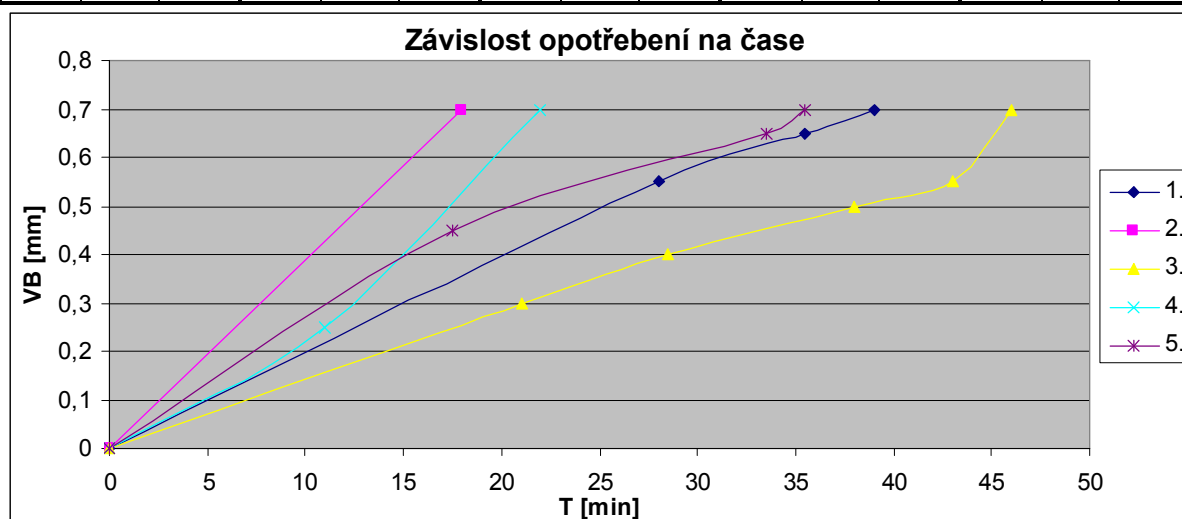
Obr.16 Přístroj pro měření drsnosti SURFTEST MITUTOYO SV 2000

7. Výsledky měření trvanlivosti nástroje při použití jednotlivých procesních kapalin

Zde jsou tabulky naměřených hodnot při experimentálním měření a k nim náležité křivkové grafy, které vznikly odměřováním opotřebení v průběhu obrábění. Jednotlivé grafy jsou rozděleny podle jednotlivých procesních kapalin. Pro porovnání je tady ještě uvedeno měření trvanlivosti s použitím vody a bez kapaliny.

a) Přehled měření trvanlivosti s použitím kapaliny EOPS 1030

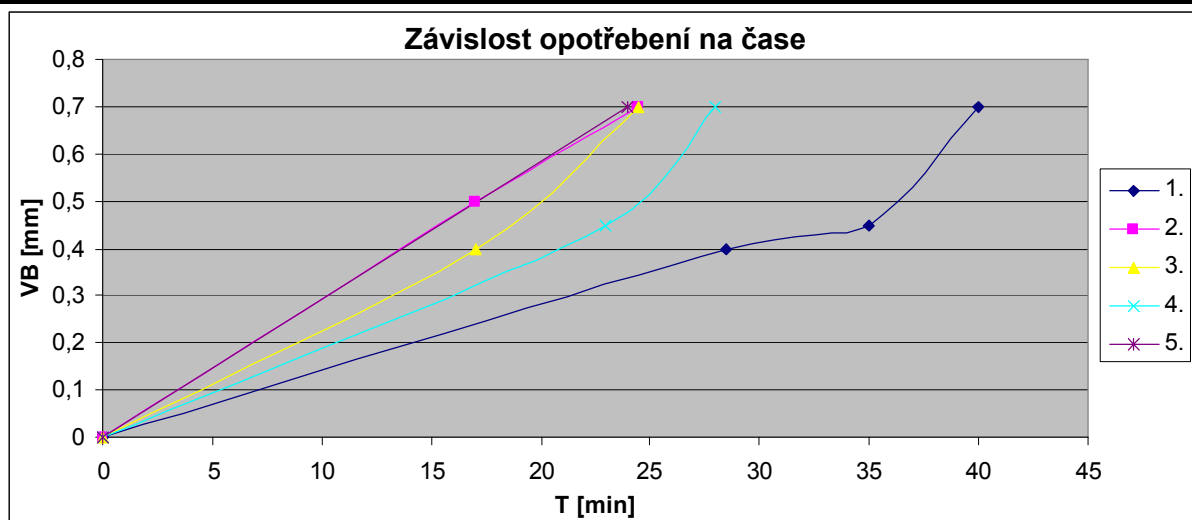
1.			2.			3.			4.			5.		
L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
565	28	0,55	36	18	0,7	425	21	0,3	225	11	0,25	350	17,5	0,45
725	36	0,65				570	28,5	0,4	447	22	0,7	670	33,5	0,65
776	39	0,7				752	38	0,5				710	35,5	0,7
						856	43	0,55						
						917	46	0,7						



Tab.2 , Graf. 1

b) Přehled měření trvanlivosti s použitím kapaliny EOPS 2040

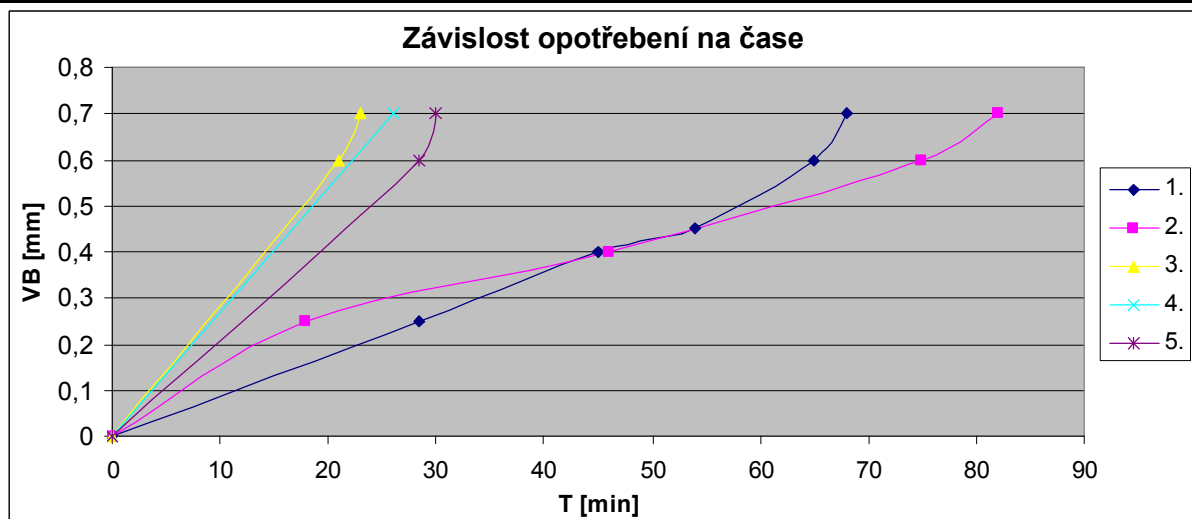
1.			2.			3.			4.			5.		
L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
570	28,5	0,4	340	17	0,5	420	21	0,4	469	23	0,45	487	24	0,7
700	35	0,45	490	24,5	0,7	521	26	0,7	552	28	0,7			
800	40	0,7												



Tab.3 , Graf. 2

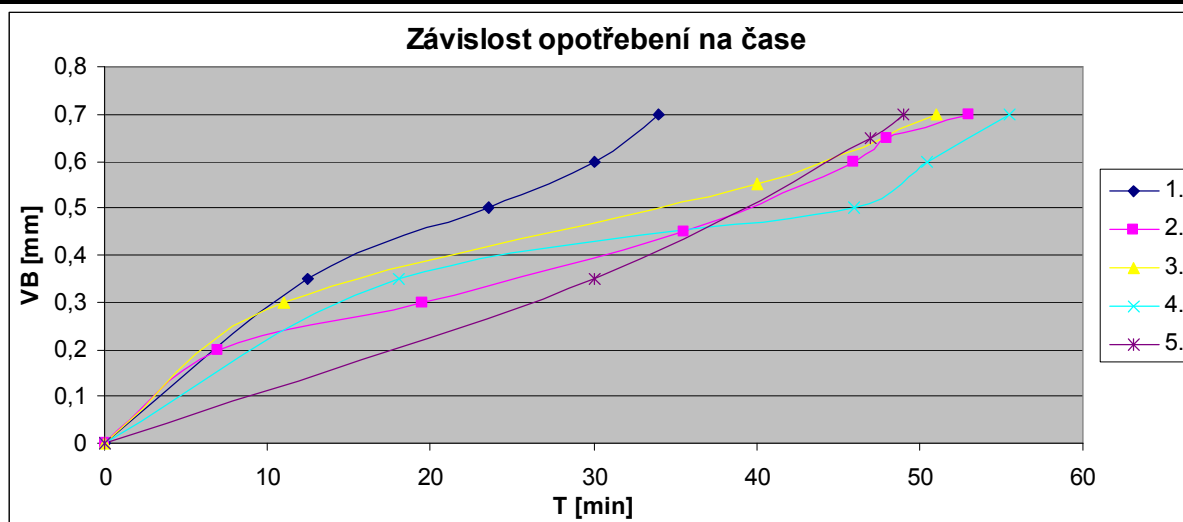
c) Přehled měření trvanlivosti s použitím kapaliny LACTIC (Tab.4 , Graf 3)

1.			2.			3.			4.			5.		
L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
570	28,5	0,25	356	18	0,25	425	21	0,6	529	26	0,7	570	28	0,6
902	45	0,4	926	46	0,4	466	23	0,7				594	30	0,7
1084	54	0,45	1496	75	0,6									
1295	65	0,6	1641	82	0,7									
1354	68	0,7												



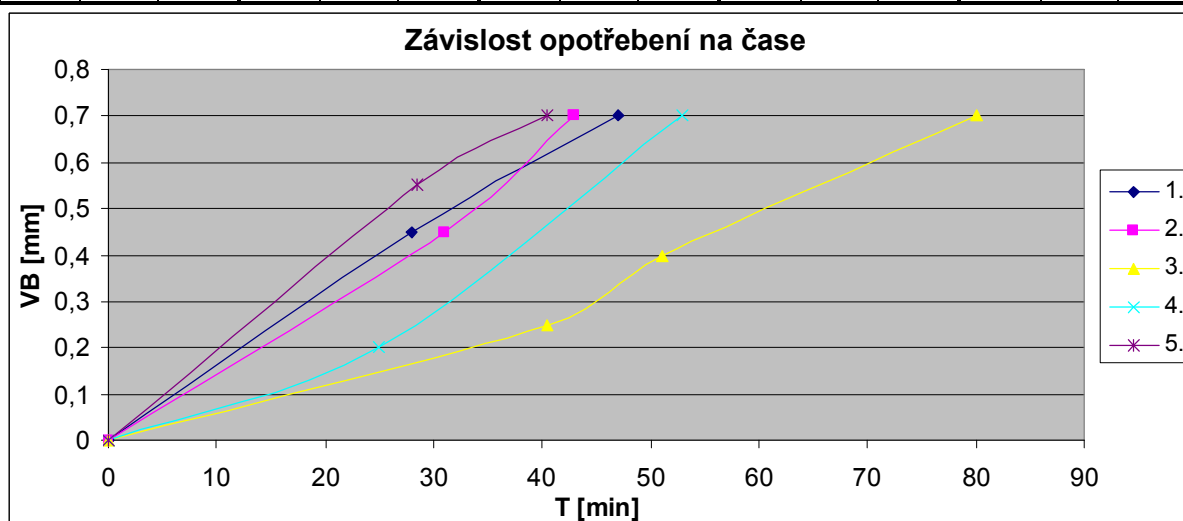
d) Přehled měření trvanlivosti s použitím kapaliny ERO SB (Tab.5 , Graf 4)

1.			2.			3.			4.			5.		
L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	12,5	0,35	140	7	0,2	225	11	0,3	353	18	0,35	600	30	0,35
470	23,5	0,5	390	19,5	0,3	795	40	0,55	923	46	0,5	940	47	0,65
603	30	0,6	710	35,5	0,45	1012	51	0,7	1010	50,5	0,6	980	49	0,7
682	34	0,7	913	46	0,6				1110	55,5	0,7			
			968	48	0,65									
			1082	53	0,7									



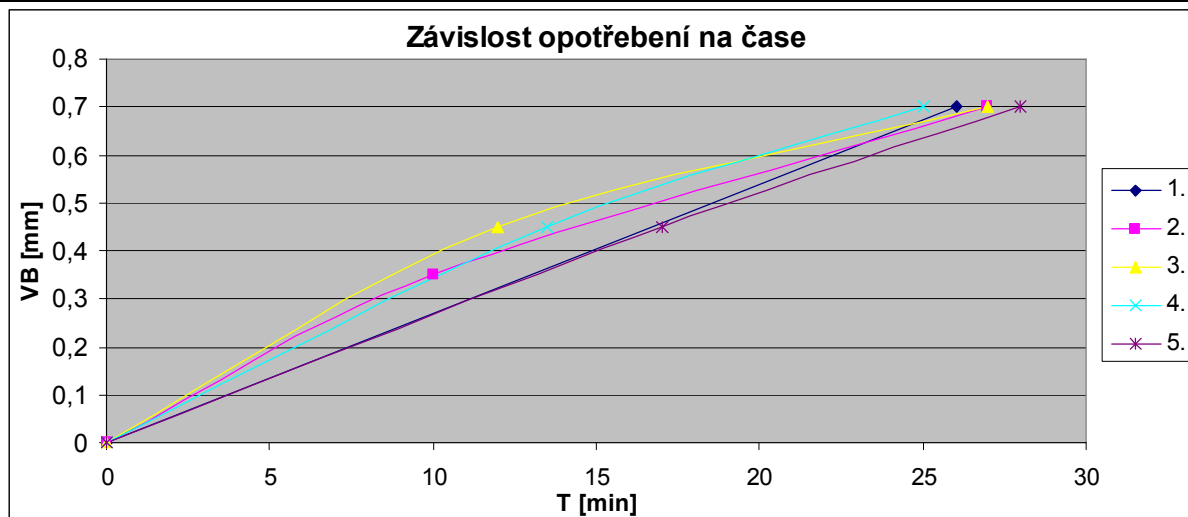
e) Přehled měření trvanlivosti s použitím kapaliny ERO SB PLUS (Tab.6 , Graf 5)

1.			2.			3.			4.			5.		
L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
565	28	0,45	625	31	0,45	464	23	0,25	500	25	0,2	570	28,5	0,55
937	47	0,7	859	43	0,7	1024	51	0,4	1060	53	0,7	810	40,5	0,7
						1594	80	0,7						



f) Přehled měření trvanlivosti s použitím vody

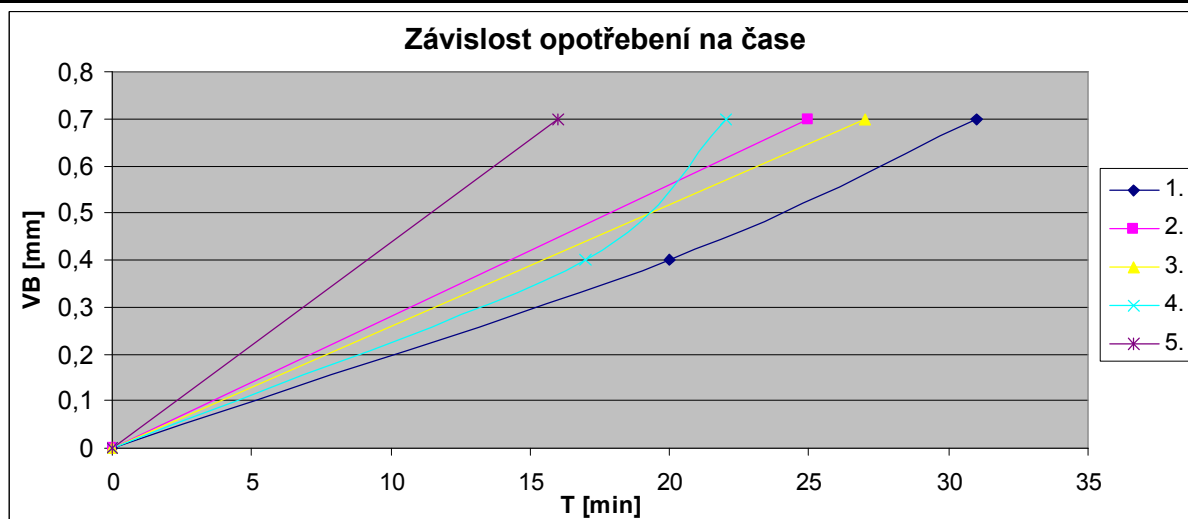
1.			2.			3.			4.			5.		
L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
513	26	0,7	204	10	0,35	240	12	0,45	270	0,35	0,45	335	17	0,45
			534	27	0,7	540	27	0,7	505	25	0,7	552	28	0,7



Tab.7 , Graf. 6

g) Přehled měření trvanlivosti bez použití kapaliny

1.			2.			3.			4.			5.		
L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
406	20	0,4	495	25	0,7	548	27	0,7	342	17	0,4	320	16	0,7
621	31	0,7							436	22	0,7			

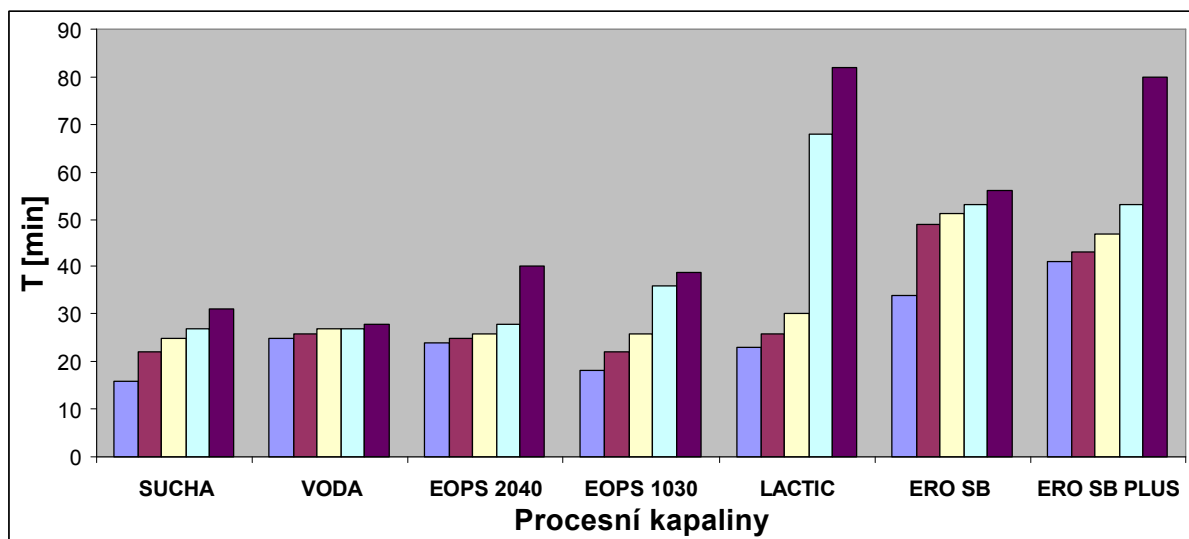


Tab.8 , Graf. 7

7.1 Vzájemná porovnání

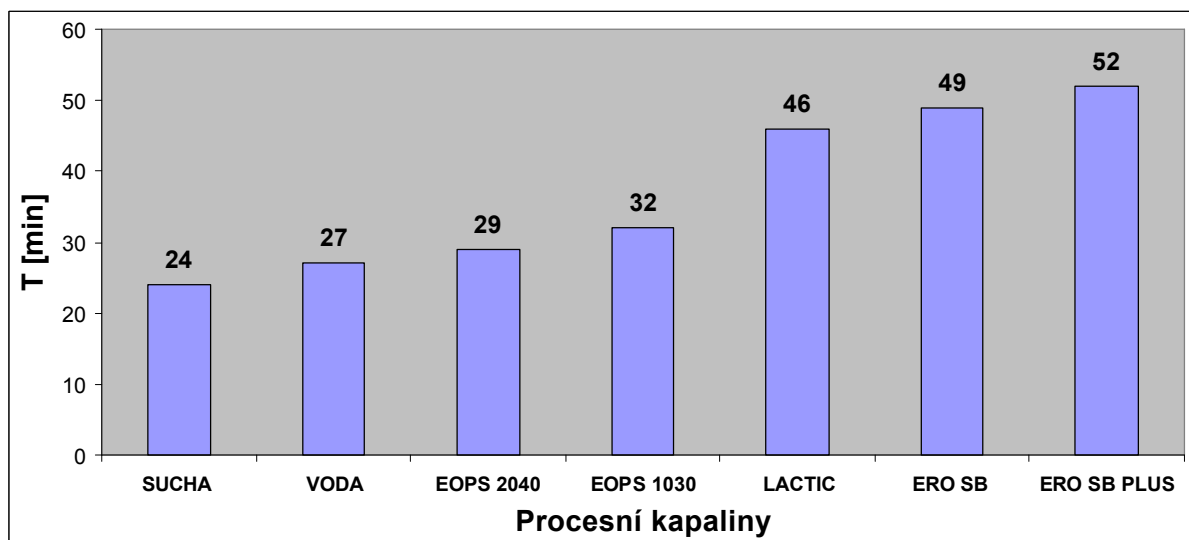
V (grafu.8) je uveden přehled porovnání trvanlivosti nástroje s použitím jednotlivých procesních kapalin. V (grafu.9) jsou uvedeny průměrné hodnoty trvanlivosti nástroje s použitím jednotlivých procesních kapalin.

Vliv procesních kapalin na trvanlivost nástroje



Graf. 8

Průměrné hodnoty trvanlivosti nástroje



Graf. 9

8. Výsledky měření drsnosti povrchu při použití jednotlivých procesních kapalin

V následující (tabulce.9) jsou uvedeny naměřené hodnoty drsnosti povrchu (průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu R_a a nosný podíl profilu obrobku c_{tp50}). Bylo provedeno 10 měření a na konci je vždy uvedena průměrná hodnota měření

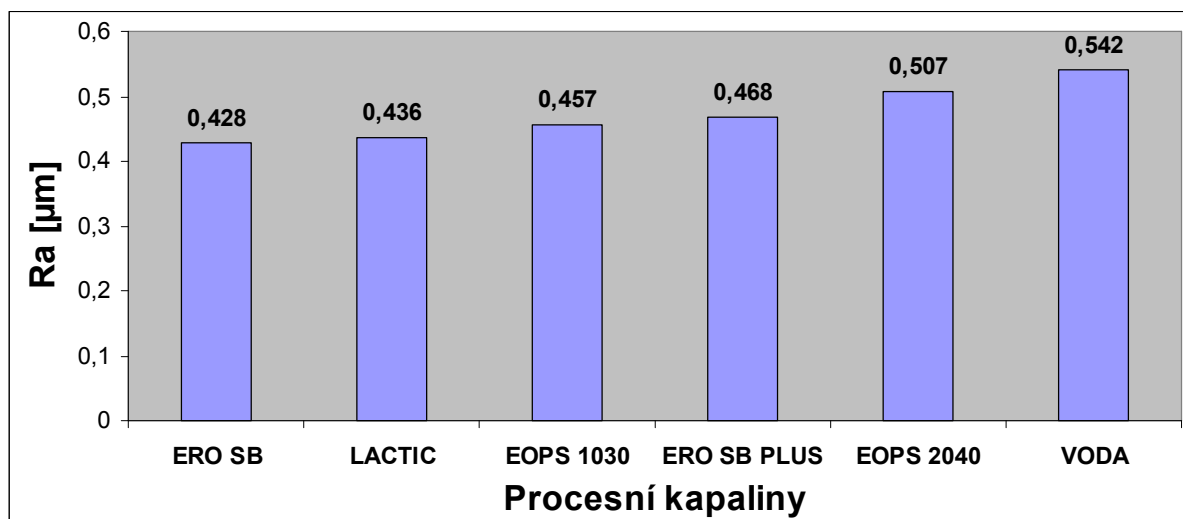
	EOPS 1030		EOPS 2040		LACTIC		ERO SB		ERO SB PLUS		VODA	
	R_a [μm]	c_{tp50} [μm]	R_a [μm]	c_{tp50} [μm]	R_a [μm]	c_{tp50} [μm]	R_a [μm]	c_{tp50} [μm]	R_a [μm]	c_{tp50} [μm]	R_a [μm]	c_{tp50} [μm]
1.	0,455	1,735	0,452	1,672	0,44	1,709	0,418	1,905	0,453	1,431	0,442	1,86
2.	0,456	1,727	0,515	1,829	0,449	1,672	0,403	1,62	0,466	1,615	0,45	2,126
3.	0,481	0,762	0,513	1,793	0,454	1,794	0,461	1,722	0,491	1,65	0,462	1,992
4.	0,465	1,694	0,545	1,619	0,426	1,739	0,454	1,718	0,483	1,715	0,529	2,186
5.	0,469	1,616	0,517	2,062	0,431	1,666	0,412	1,514	0,456	1,538	0,612	3,097
6.	0,483	1,802	0,498	1,68	0,433	1,64	0,447	1,708	0,465	1,615	0,569	1,974
7.	0,443	1,629	0,542	1,456	0,431	1,668	0,406	1,615	0,457	1,662	0,551	2,056
8.	0,433	1,624	0,475	1,608	0,423	1,555	0,417	1,687	0,487	1,584	0,55	2,107
9.	0,429	1,704	0,517	1,877	0,435	1,63	0,405	1,6	0,471	1,68	0,618	2,212
10.	0,459	1,644	0,5	1,924	0,433	1,67	0,452	1,71	0,454	1,658	0,638	2,28
Ø	0,457	1,694	0,507	1,782	0,436	1,674	0,428	1,68	0,468	1,615	0,542	2,19

Tab. 9

V (grafu.10) je uvedena drsnost povrchu obrobku při použití jednotlivých procesních kapalin.

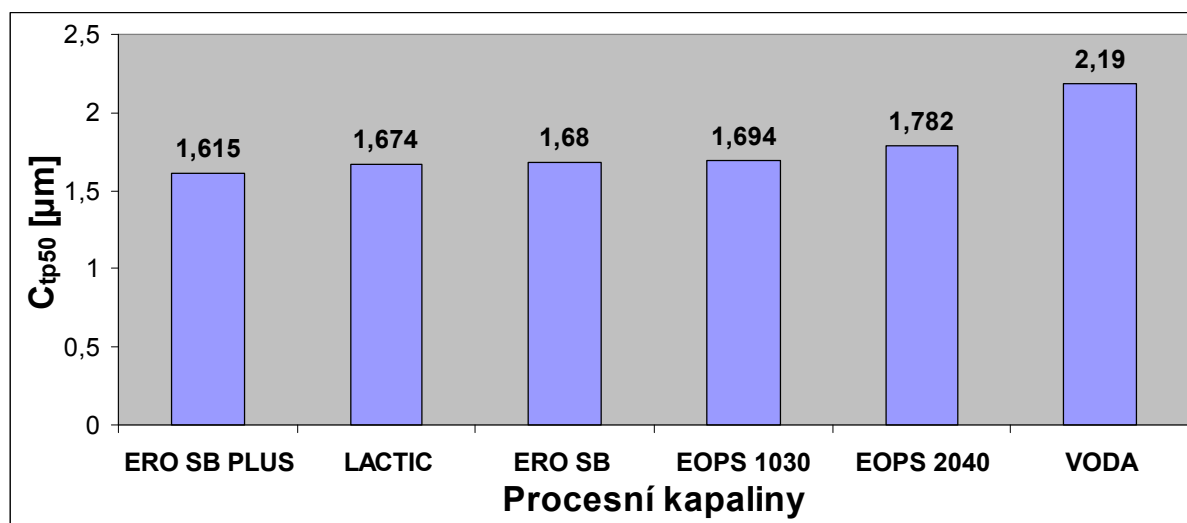
V (grafu.11) je uveden nosný podíl profilu obrobku s použitím jednotlivých procesních kapalin.

Vliv procesních kapalin na drsnost povrchu



Graf. 10

Hodnoty nosného podílu profilu obrobku s použitím různých procesních kapalin



Graf. 11

9. Analýza laboratorních výsledků , vyvození závěrů

Z výsledků trvanlivosti nástroje vyplývá:

- a. Nejlepší trvanlivosti nástroje dosahovaly procesní kapaliny ERO SB, ERO SB PLUS a LACTIC, které zvýšily trvanlivost oproti trvanlivosti bez kapaliny v průměru o 104%
 - LACTIC zvýšil trvanlivost oproti trvanlivosti bez kapaliny o 92%
 - ERO SB zvýšil trvanlivost oproti trvanlivosti bez kapaliny o 104%
 - ERO SB PLUS zvýšil trvanlivost oproti trvanlivosti bez kapaliny o 117%
- b. Značně horší trvanlivosti nástroje dosahovaly procesní kapaliny EOPS 1030 a EOPS 2040, které zvýšily trvanlivost oproti trvanlivosti bez kapaliny v průměru o 27%
 - EOPS 1030 zvýšil trvanlivost oproti trvanlivosti bez kapaliny o 33%
 - EOPS 2040 zvýšil trvanlivost oproti trvanlivosti bez kapaliny o 21%
- c. Podle očekávání nejhorší trvanlivosti nástroje dosáhla voda, která zvýšila trvanlivost oproti trvanlivosti bez kapaliny o 12,5%

Z výsledků drsnosti povrchu vyplývá:

- a. Bylo zjištěno, že procesní kapaliny ERO SB, LACTIC snížily nejvíce drsnost obrobeného povrchu oproti vodě a to o 20% .
 - ERO SB snížil drsnost povrchu oproti vodě o 21%
 - LACTIC snížil drsnost povrchu oproti vodě o 19,5%
- b. O něco horší byly procesní kapaliny ERO SB PLUS, EOPS 1030 , které snížily drsnost oproti vodě o 15% .
 - ERO SB PLUS snížil drsnost povrchu oproti vodě o 14%
 - EOPS 1030 snížil drsnost povrchu oproti vodě o 16%
- c. Nejhorší drsnost měla procesní kapalina EOPS 2040, která snížila drsnost oproti vodě pouze o 6% .
- d. Nosní podíl profilu obrobku měly procesní kapaliny docela podobný kromě kapaliny EOPS 2040, která měla o něco vyšší.

Pro praxi z tohoto měření vyplývá, že nejlepší trvanlivosti nástroje a drsnosti povrchu při nesousledném frézování nerezové oceli měly procesní kapaliny ERO SB, LACTIC a vůbec nejhorší trvanlivosti nástroje a drsnosti povrchu při nesousledném frézování nerezové oceli vykazovala procesní kapaliny EOPS 2040.

Použitá literatura:

- [1] ČÍHAL, V., *Korozivzdorné oceli a slitiny*, 1. vyd. Praha: Academia, 1999, 438 s. ISBN: 80-200-0671-0,
- [2] BRENNER, O., Korozivzdorné oceli jako konstrukční materiály, *MM Průmyslové spektrum* [online] , duben2003, č. 4, s. 84, Dostupné na: <http://www.mmspektrum.com/clanek/korozivzdorne-oceli-jako-konstrukcni-materialy>,
- [3] Dostupné na <http://cs.wikipedia.org/wiki/Fr%C3%A9z%C3%A1n%C3%AD>
- [4] Výpisky ze střední školy z předmětu Technologie
- [5] Dostupné na <http://strojirenstvi-frezovani.blogspot.com/2011/03/2-zpusoby-frezovani-frezovani-rovinnych.html>
- [6] KOČMAN, K. a PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, prosinec 2005. ISBN 80-214- 3068-0.
- [7] Dostupné na <http://www.paramo.cz/cs/o-nas/>
- [8] Štítky na kanistrech procesních kapalin od firmy Paramo a.s.
- [9] FOREJT, Milan., PÍŠKA, Miroslav. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. 1.vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2006. 226s. ISBN 80-214-2374-9.
- [10] PŘÍKRYL, Zdeněk; MUSÍLKOVÁ, Rosa. *Teorie obrábění*. 3., opravné vydání. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1982. 240 s.
- [11] AB SANDVIK COROMANT – SANDIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění – kniha pro praktiky*. Přeložil M. Kudela, 1. české vydání 1997. ISBN 91-97 22 99-4-6.
- [12] Dostupné na <http://www.tumlikovo.cz/drsnost-obrobeneho-povrchu/>
- [13] Základy konstruování :geometrická přesnost.1. díl / Karel Slabec 76s, 80-01-01494-0
- [14] Dostupné na <http://pandora.idnes.cz/part/2009/3/8618/3/NEREZ-PREHLED.htm>

Seznam příloh:

Příloha .1 Prospekt řezného materiálu Pramet a.s. -8230

Dostupný na:

<http://www.pramet.com/download/novinky/Material%208230%20CZ%20screen.pdf>

Přílohy:

Příloha.1

Technické informace

Nový materiál pro frézování

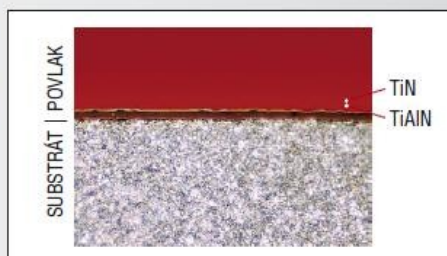
Materiál 8230 - univerzální, výkonný a provozně spolehlivý materiál pro frézování

8230

Široká aplikační oblast použití a vysoká otěruvzdornost s dobrou houževnatostí jsou dominantními vlastnostmi tohoto materiálu.

Je vhodný pro obrábění jak běžně obrobitelných materiálů tak vysokolegovaných ocelí, žáruvzdorných a žárupevných slitin. Je určen pro lehké, střední a těžké obrábění za středních a vyšších řezných rychlostí.

- ➔ široký rozsah použití
- ➔ vysoká otěruvzdornost s dobrou houževnatostí bříty
- ➔ určen pro lehké, střední a těžké obrábění



APLIKAČNÍ OBLASTI MATERIÁLU 8230:

ISO 513	Aplikační oblasti materiálu 8230				
	5	10	20	30	40
P				P20 + P40	
M				M20 + M35	
K				K20 + K40	
N			N15 + N30		
S			S15 + S25		
H			H15 + H25		

Skupiny obráběných materiálů					
P	M	K	N	S	H

■ hlavní oblast použití ■ další použití □ podmíněné použití

FRÉZOVACÍ MATERIÁLY S POVLAKEM PVD:

